



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **JESUS ARANDA DENNIS REY**

Código de alumno: 111.0802.460

Teléfono: 943242869

Correo electrónico: dennis.jesugaranda@hotmail.com DNI o Extranjería: 44765076

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

“EVALUACION TECNICA – ECONOMICA DEL PROYECTO MINERO “UTCUYACU 2016”

5. Facultad de: Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia

6. Escuela, Carrera o Programa: de Ingeniería de Minas

7. Asesor:

Apellidos y Nombres: Dr. Ing. Ramos Aquino Flavio Augusto

Teléfono: 950833927

Correo electrónico: ramos0725@hotmail.com

DNI o Extranjería: 31678801

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

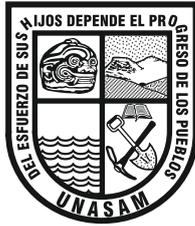
Firma:

D.N.I

44765076

Fecha:

17 / 05 / 2019



UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y METALURGIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

TESIS

**EVALUACIÓN TÉCNICA – ECONÓMICA DEL
PROYECTO MINERO "UTCUYACU 2016"**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE MINAS**

Presentado por:

Bach. JESÚS ARANDA, Dennis Rey

Asesores:

Dr. Ing. RAMOS AQUIÑO, Flavio Augusto
M. Sc. Ing. BOJÓRQUEZ HUERTA, Gustavo Roberto

HUARAZ - PERÚ

2018

DEDICATORIA

A mis padres Celestino Jesús Rodríguez
y Juana Aranda Sánchez. Gracias a
ustedes inicié esta aventura. Gracias a
ustedes logré esta **¡VICTORIA!**

A mis hermanos Diego Roy, Luis
Alberto, Flor de Jhazmyn y mi novia
Angela Bravo Mendoza, quienes ciclo a
ciclo me fueron impulsando a terminar mi
carrera universitaria

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial al Dr. Flavio Ramos Aquino y al MSc. Ing. Gustavo Bojórquez Huerta, por su apoyo incondicional y orientación en la ejecución de la presente Tesis.

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia de la UNASAM, por sus experiencias y anécdotas compartidas, que me ayudaron en la culminación de la carrera profesional.

Dennis Rey Jesús Aranda

RESUMEN

En la industria minera estamos orientados a la optimización constante de toda la operación, dicho esto significa que la cadena productiva estará enfocada en la maximización de utilidades y la minimización de costos es por ello que la evaluación técnica – económica es parte fundamental para decidir la viabilidad de los proyectos mineros.

La presente tesis está enfocada en determinar la evaluación técnica – económica del proyecto y así determinar la viabilidad del proyecto minero “Utcuyacu”, en una primera etapa se determinará la explotación de su veta principal llamada veta Utcuyacu proponiendo el método de explotación, ritmo de producción, cálculo de reservas probadas y probables, determinación de los costos de explotación y producción, selección de equipos de minado, etc.

La tesis estará dividida en 4 capítulos.

Capítulo I: Generalidades del Proyecto Minero Utcuyacu.

Hablaremos de la ubicación, acceso a la mina, la flora, la fauna existente en la zona, la topografía, la geología regional, geología local y geología económica del proyecto minero.

Capitulo II: Fundamento Teórico de la investigación.

Hablaremos sobre la evaluación de proyectos, las operaciones mineras unitarias, sobre los métodos de explotación subterránea y la planificación de minas, además de la evaluación técnica económica de proyectos.

Capitulo III: Metodología de la Investigación

Anotaremos los pasos a seguir para, bajo que estructura se va a basar, para nosotros saber a dónde vamos y que es lo que queremos con esta investigación.

Capítulo IV: Evaluación Técnica – Económica para la determinación de la explotación del proyecto minero “Utcuyacu”

El autor

Palabras claves

Evaluación técnica – económica, proyecto minero “Utcuyacu”, 2016

ABSTRACT

In the mining industry we are oriented to the constant optimization of the whole operation, this means that the productive chain will be focused on the maximization of profits and the minimization of costs that is why the technical - economic evaluation is a fundamental part to decide the viability of mining projects.

This thesis is focused on determining the technical - economic evaluation of the project and thus determine the viability of the mining project "Utcuyacu", in a first stage will determine the exploitation of its main vein called vein Utcuyacu proposing the exploitation method, production rate , calculation of proven and probable reserves, determination of the costs of exploitation and production, selection of mining equipment, etc.

The thesis will be divided into 4 chapters.

Chapter I: Generalities of the Utcuyacu Mining Project.

We will talk about the location, access to the mine, the flora, the existing fauna in the area, the topography, the regional geology, local geology and economic geology of the mining project.

Chapter II: Theoretical Basis of research.

We will talk about the evaluation of projects, unitary mining operations, about underground mining methods and mine planning, as well as the technical evaluation of projects.

Chapter III: Research Methodology

We will write down the steps to follow, under what structure it will be based, for us to know where we are going and what we want with this investigation.

Chapter IV: Technical - Economic Evaluation for the determination of the exploitation of the mining project "Utcuyacu"

The author

Keywords

Technical - economic evaluation, mining project "Utcuyacu", 2016

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	iv
ABSTRACT	vi
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xi
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPITULO I

GENERALIDADES	1
1.1. <i>Entorno Físico.</i>	1
1.1.1. Ubicación y acceso.	1
1.1.2. Topografía.....	3
1.1.3. Clima, flora y fauna.	3
1.1.4. Recursos hídricos.	4
1.2. <i>Entorno Geológico.</i>	4
1.2.1. Geología regional.....	4
1.2.2. Geología local.	5
1.2.3. Geología estructural.	7
1.2.4. Geología económica.....	9

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN	11
2.1. <i>Marco Teórico.</i>	11
2.1.1. Antecedentes de la investigación	11
2.1.2. Definición de términos.....	16
2.1.3. Fundamentación teórica.	25
2.1.3.1. Análisis de la Producción Económica de la Explotación.....	25
2.1.3.2. Análisis del Factor Marginal.....	26
2.1.3.3. Ley mínima explotable.....	28

2.1.3.4. Valor Actual Neto (VAN).....	32
2.1.3.5. Tasa Interna de Retorno. (TIR).....	33
2.1.3.6. Beneficio – Costo (B/C).....	34
2.1.3.7. Índice de rentabilidad.....	35

CAPITULO III

METODOLOGÍA.....	36
3.1. <i>El Problema.</i>	36
3.1.1. Planteamiento del problema.....	37
3.1.2. Formulación del Problema.....	38
3.1.3. Objetivos de la investigación.....	38
3.1.3.1. Objetivo General.....	38
3.1.3.2. Objetivos Específicos	38
3.1.4. Justificación e importancia	39
3.1.5. Alcances.....	39
3.1.6. Limitaciones.....	40
3.2. <i>Hipótesis</i>	40
3.3. <i>Variables</i>	40
3.4. <i>Diseño de la investigación</i>	41
3.4.1. Tipo de investigación.....	41
3.4.2. Nivel de la investigación.....	41
3.4.3. Diseño de investigación	41
3.4.4. Método	42
3.4.5. Población y muestra.....	42
3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.7. Metodología de recolección de datos.....	43

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	44
4.1. <i>Descripción de la realidad y procesamiento de datos.</i>	44
4.2. <i>Labores de desarrollo.</i>	45
4.3. <i>Método de explotación.</i>	45
4.3.1. Consideraciones Generales.....	45

4.3.2.	Operaciones Unitarias De Minado.....	46
4.3.3.	Servicios auxiliares mineros:	47
4.3.4.	Tratamiento metalúrgico del mineral.....	48
4.3.5.	Balance metalúrgico actual.	49
4.4.	<i>Análisis económico: ingresos y egresos.</i>	50
4.4.1.	Comercialización de minerales.	50
4.4.2.	Costos de producción.	56
4.5.	<i>Calculo de la explotación económica.</i>	63
4.5.1.	Valor neto de 1 TM de mineral de cabeza.	64
4.6.	<i>Evaluación económica del proyecto.</i>	66
4.6.1.	Parámetros de evaluación.	66
4.6.2.	Análisis De Costos (Costo Fijo y Costo Variable).	68
4.6.3.	Indicadores económicos.....	68
4.6.3.1.	Cash Cost.	68
4.6.3.2.	Valor Actual Neto Económico (VANE)	70
4.6.3.3.	Tasa Interna De Retorno Económico (TIRE).....	71
4.6.3.4.	Coefficiente De Beneficio / Costo Económico (B/CE).....	73
4.6.4.	Calculo de indicadores económicos.....	73
4.6.4.1.	Cash Cost	73
4.6.4.2.	VAN.	74
4.6.4.3.	TIR.	75
4.6.4.4.	B/C.	76
4.7.	<i>Discusión de resultados</i>	76
	CONCLUSIONES.....	77
	RECOMENDACIONES	78
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79
	ANEXOS.....	80
	ANEXO N° 01: Plano de Ubicación	81
	ANEXO N° 02: Diseño de Labores.....	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1: Acceso al proyecto minero Minas Utcuyacu JLC	2
Tabla N° 2: Reserva de mineral-Mina Utcuyacu	10
Tabla N° 3: Clasificación de RQD	17
Tabla N° 4: Balance metalúrgico del mineral del proyecto minero Utcuyacu	49
Tabla N° 5: Valorización de concentrado de plomo	50
Tabla N° 6: Valorización de concentrado de zinc	53
Tabla N° 7: Tabla Costo de exploración	57
Tabla N° 8: El costo de la explotación planificada.....	59
Tabla N° 9: Resumen de costos de operación para 30 TM.....	64
Tabla N° 10: Valor neto de una TM de mineral de cabeza.....	64
Tabla N° 11: Tabla Presupuesto de inversión para extraer 1tm de mineral.....	66
Tabla N° 12: Costo específicos del proyecto minero Utcuyacu	67
Tabla N° 13: Resumen de costos de operación 30 TM.....	68
Tabla N° 14: Ingreso económico proyectado en 1 año.....	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Ubicación Política del proyecto minero Utcuyacu.....	2
Figura N° 2: Punto de Equilibrio	27
Figura N° 3: Ubicación Política del proyecto minero Utcuyacu.....	69

INTRODUCCIÓN

En el Perú, la actividad minera de pequeñas empresas y artesanales se vienen realizando de manera simplista, sin ningún tipo de estudios geológicos y mineros, además de no realizar las evaluaciones técnico-económicas respectivas para ver la viabilidad del proyecto, causando que esta actividad no tenga una sostenibilidad en el tiempo.

En el departamento de Ancash existe la necesidad de trabajar yacimientos con vetas angostas y de leyes relativamente bajas se vuelven una necesidad para la industria minera y las comunidades aledañas ya que fomentará el desarrollo de los pueblos impactados. En la actualidad el proyecto minero “Utcuyacu” es una mina polimetálica, con vetas angostas y leyes relativamente bajas, por lo que el reto en la evaluación técnica – económica será clave para determinar la viabilidad del mismo.

La evaluación técnica – económica de proyectos mineros es un requisito indispensable para la presentación a los accionistas de la empresa y determinar su posterior inversión para el desarrollo y preparación de mina.

Por otra parte, los dueños del proyecto minero están obligados a presentar la información recopilada tanto geológica, minera y metalúrgica. Además sabemos que en la actualidad de acuerdo a la legislación peruana necesitamos saber qué opinan las comunidades aledañas sobre un posible proyecto minero en su región. De esta manera estaremos brindando información útil que servirá también como evaluación de viabilidad para el proyecto.

Además sabemos que los pequeños productores mineros y mineros artesanales por lo general no tienen una política de inversión para el estudio del yacimiento y su posterior evaluación técnica económica ya que consideran estos costos elevados e innecesarios.

Por lo tanto vemos que en realidad si el minero artesanal y pequeño productor minero no tienen estos estudios prácticamente están haciendo una inversión a “ciegas” que no tienen la certeza de recuperación de capital y menos de una sostenibilidad en el tiempo de la mina, es por ello que son necesarios los estudios geológicos, mineros y metalúrgicos, ya que de esta manera podremos evaluar la parte técnica del proyecto y con parámetros de evaluación, indicadores económicos (VAN, TIR, B/C) la parte económica, pudiendo concluir en la viabilidad o no del proyecto minero.

El método empleado para la realización de la presente monografía, es el método analítico, pues enfocaremos aspectos generales para darles aplicación en situaciones particulares y la técnica descriptivo – Aplicativo, ya que se emplea material bibliográfico como fuentes, y se observan y describen con respecto al tema en mención.

Las bibliografías utilizadas, son de investigación y recopilación de datos más relevantes, además se contó con asesoría, también se usó material bibliográfico, y diversas normas legales y la revisión de tesis.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1. Entorno Físico.

1.1.1. Ubicación y acceso.

El proyecto minero Utcuyacu, está ubicado en el distrito de Cátac, provincia de Recuay, del Departamento y Región Ancash, perteneciente a la Región Andina y a los valles interandinos del Callejón de Huaylas. El proyecto se desarrolla sobre los 3,513 m.s.n.m en la vertiente oriental (cuena del río Santa) hasta los 4,100 m.s.n.m.

Geográficamente se encuentra ubicado con las coordenadas centrales UTM WGS 84:

N : 8 910,853.46 m. - E : 233,123.46 m.

El proyecto Minero Utcuyacu se ejecutara sobre la concesión minera Minas Utcuyacu JLC, ubicado en la carta nacional 20 i – Recuay. El acceso al proyecto minero Utcuyacu se realiza mediante vía asfaltada de Lima – Pativilca – Catac – Ticapampa – Recuay.

Cuadro de distancias aproximadas: (La cruz, 2012).

Tabla N° 1: Acceso al proyecto minero Minas Utcuyacu JLC

Vía terrestre						
Tramo	Partida	Llegada	Distancia Km.	Tiempo (Horas)	Tipo de Vía	Móvil
1	Lima	Recuay	370	6	Asfaltado	Camioneta
2	Recuay	Mina	15	0.50	Afirmado	Camioneta
TOTAL			445	7.20		

Fuente: El Tesista

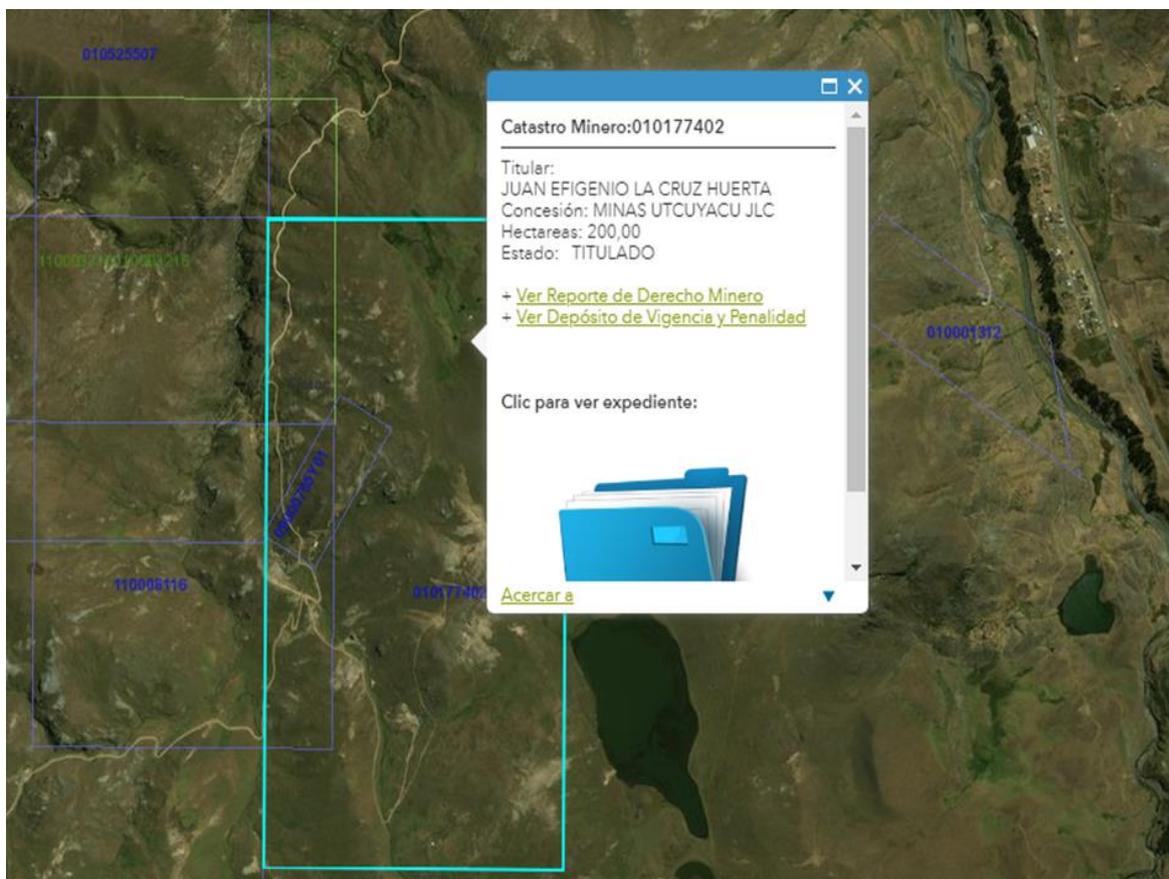


Figura N° 1: Ubicación Política del proyecto minero Utcuyacu.

Fuente: Geocat min

1.1.2. Topografía.

La topografía que se presenta en el proyecto minero es bastante accidentada, con desniveles de hasta 300 metros con pendientes de 55° a 65°. Es notoria la presencia de erosión y deslizamiento de rocas alrededor de la boca mina del proyecto. (La Cruz, 2012).

1.1.3. Clima, flora y fauna.

El clima es típico de la zona quechua, templada durante el día, bastante frío durante la noche; se caracteriza por tener una estación seca entre Mayo y Octubre y otra lluviosa entre Noviembre y Abril, la temperatura varía de 05 a 25 grados centígrados durante la estación seca y 07 a 25 grados centígrados en la época de lluvias. (La Cruz, 2012).

Flora: Esta zona por su ubicación geográfica, y su piso altitudinal; puna tropical. En altitudes cercanas a los 3600 m.s.n.m. la vegetación se caracteriza por la presencia de arbustos y gramíneas tales como los quisuares, retamas, cactus, otros; huaman pinta, ancosh, etc. Gran cantidad de pastizales alto andinos, entre los cuales tenemos a: ichu, Poá, calamagrostis vicugnarum, etc. También se han podido encontrar en estos ecosistemas otras especies vegetales como: Opuntia illicosa, Ageratinaazangaroensis, Aciachne pulvinata, Bomarea Dulcis. Así como variedades de hierbas medicinales. Abundan áreas verdes, las que se presentan alrededor del proyecto minero. (La Cruz, 2012).

Fauna: El área circundante al proyecto minero presenta variedades de fauna, así como ovino, vacuno y porcino, se menciona también la crianza de animales menores como: cuye, gallinas, conejos.

Alrededor del proyecto se encuentra un río de caudal menor llamado Utcuyacu donde observamos aves de la zona (en cantidades reducidas) insectos acuáticos y renacuajos. (La Cruz, 2012).

1.1.4. Recursos hídricos.

En la zona del proyecto minero el recurso hídrico es abundante en época de lluvia y un poco escaso en estación seca, pero es suficiente para cubrir la demanda del proyecto (tanto para la perforación como para necesidades básicas y del campamento). (La Cruz, 2012).

1.2. Entorno Geológico.

1.2.1. Geología regional.

El callejón de Huaylas, que alberga al río Santa, se ubica entre las cordilleras blanca y negra, que son ramales de la cordillera Occidental. En toda esta área afloran rocas sedimentarias Mesozoicas, rocas volcánicas terciarias y rocas intrusivas de edades que van del cretáceo al terciario. Las rocas sedimentarias pertenecen al grupo Goyllarisquizga cuyas formaciones: Chimú, Santa y Carhuaz afloran en los alrededores del pueblo de Aija y Recuay y están constituidas por cuarcitas, calizas, lutitas y areniscas.

Las rocas volcánicas están representadas por volcánicos Calipuy y están constituidas por rocas piroclásticas que cubren extensas zonas de la cordillera Negra. Las rocas intrusivas se presentan en el batolito de la Costa. Al oeste de la Cordillera Negra y afloran entre 15 – 25 km al Oeste del pueblo de Aija. Este batolito a intruído a las rocas Mesozoicas y está compuesto por granodioritas y tonalitas. El batolito de la cordillera Blanca, es el mejor exponente de la actividad ígnea de esta región. (La Cruz, 2012).

1.2.2. Geología local.

La geología local tiene la siguiente secuencia estratigráfica:

- ✓ **Formación Chimú:** (Grupo Goyllarisquizga - Cretácico inferior), localmente se puede observar la presencia de las rocas sedimentarias correspondientes a la formación Chimú, conformadas por lutitas de color negro y mantos de carbón, estas lutitas se encuentran muy alteradas (piritizadas, silificadas), el cual demuestra el paso de las soluciones hidrotermales. Esta formación es de gran interés económico puesto que en las fallas preexistentes se han rellenado de sulfuros de valor comercial, así mismo es importante el estudio de esta formación para el control litológico.
- ✓ **Formación Carhuaz:** En la zona de los diseminados y la mina en general aflora la Formación Carhuaz, la cual regionalmente llega a los 1500 mts de lutitas gris y marrón con intercalaciones delgadas de calizas y anhidritas, estas pertenecen al Cretáceo Inferior. Localmente las Lutitas presentan coloraciones claras (blancos) con fuertemente cizallamiento oxidados producto de filtraciones de agua.
- ✓ **Volcánico Calipuy:** El ambiente geológico consiste de una secuencia de andesitas porfiríticas de fase extrusiva compuesto de derrames en diferentes eventos. Esta ocurrencia pertenece al Terciario, la cual en la zona también se ocurre como un pórfido riolítico principalmente en la zona diseminada en forma de roca vulcanoclástica, por su textura aparente, es más se puede notar zonas brechadas dentro de este complejo volcánico, los clastos generalmente de la brecha son lutitas

negras. Posteriormente la actividad ígnea continuó con el emplazamiento de rocas plutónicas y sub-volcánicas de composición andesítica y dasítica. Por último y por la consecuencia de la actividad magmática hidrotermal tardía se habrían formado las apófisis con hidrofracturamientos tipo Stock Worck. Es justamente que en estas rocas se presenta la diseminación de minerales que da producto al yacimiento.

Depósitos Cuaternarios

Los depósitos cuaternarios en la zona son muy escasos debido a que son erosionados constantemente por las lluvias, cuya potencia varia de 1 a 3m en forma muy restringida, estos depósitos son remanentes de los fluidos glaciares que se encuentran en toda la zona alcanzando su máximo desarrollo en los alrededores de la Cordillera Blanca.

El material Cuaternario cubre algunas zonas de la zona diseminada, alcanzando la mayor potencia a los 3 metros, la cual se puede certificar en las quebradas.

Rocas Ígneas

- ✓ **Rocas ígneas intrusivas:** Las rocas ígneas intrusivas generalmente están representadas por un grano diorita porfírica, gradando a una monzonita muy alterada (Caolinización, Piritización, Silicificación), causada por las soluciones hidrotermales calientes.
- ✓ **Rocas ígneas volcánicas:** Existe la presencia de formación denominada volcánicos Calipuy que aflora en áreas extensas de la cordillera negra, en la zona estos volcánicos están cubriendo las

cumbres alias y se encuentran pseudo estratificadas, sobre yacen en discordancia angular a los sedimentos cretácicos que consisten, en derrame de andesitas y dacitas de color gris verdosa., tufos andesíticos color marrón y pórfido dasítico de carácter hipabisal.

- ✓ **Roca Intrusiva:** Estas son producto de las intrusiones pertenecientes a los plutones ocurridos y a la vez pertenecientes al Batolito Costanero del Norte; este intrusivo tiene mayores elementos ácidos, por la coloración que presenta el citado intrusivo la cual se encuentra como una cobertura el cual ha sido intrusionado por las rocas volcánicas, pues se puede notar claramente el contacto de los intrusivos (supra yace) y los volcánicos (infra yace). (La Cruz, 2012).

1.2.3. Geología estructural.

- ✓ **Diaclasas:** La zona presenta varios sistemas de diaclasas, relacionadas con fallas pre existentes, es decir son del tipo tensional. Los esfuerzos tensionales como compresionales junto con el fallamiento pre mineral y postmineral, la presencia de rocas intrusivas ha producido el fracturamiento o diaclasas tanto de las rocas sedimentarias como de las rocas ígneas intrusivas, muchas de ellas se alinean siguiendo el rumbo de las fallas otras siguiendo el rumbo de la estratificación, afectando al macizo rocoso.
- ✓ **Fallas:** La presencia de fallas pre y postminerales ya que las estructuras mineralizadas se han emplazado en éstas, cuyo rumbo promedio van de N25° a 60° W, con un buzamiento de 60° a 80° NE o SW, las rocas sedimentarias que se encuentran como rocas

encajonantes, han sufrido un proceso de metamorfismo de distintos grados y una alteración hidrotermal como es la piritización y la silicificación, haciendo que esta parte del macizo rocoso sea mucho más estable. También se nota la presencia de fallas pequeñas como de grandes fallas que vienen a ser el resultado de los esfuerzos tectónicos tensionales y compresionales que actuaron en el área

- ✓ **Brechas Tectónicas:** Se observa la presencia de brechas originadas por el movimiento tectónico. Estos se caracterizan por presentar clastos angulosos de lutitas negras endurecidas, en una matriz gris negruzca, se encuentra también alterada (piritización y silicificación). El rumbo general de estas brechas son NW-SE y a las vetas NE a SW.
- ✓ **Pliegues:** La formación Carhuaz, como la formación Santa que constituyen parte del grupo Goyllarisquizga, éstas han sido plegadas, observándose la presencia de un anticlinal, que tiene un rumbo de N 25° W y los flancos se inclinan 32° al SW y 30° al NE. Dicho anticlinal ha sido afectado por la presencia de fallas locales, algunas de alcance regional y por el intrusivo que ha intruido a estas formaciones, produciendo en forma combinada el fracturamiento de las rocas sedimentarias y cambios de buzamiento de las capas en profundidad, siendo las más disturbadas las lutitas que muestran diferentes grados de metamorfismo. (La Cruz, 2012).

1.2.4. Geología económica.

- ✓ **Forma y tipo del Yacimiento.** Las estructuras mineralizadas que ocurren en el área del proyecto minero Utcuyacu por su ocurrencia estructural, textura, mineralización, alteración y litología, corresponde al tipo meta somático de contacto (entre volcánicos sedimentarios e intrusivos) emplazado. La mineralización en la veta Utcuyacu (Principal) tiene una dirección N 45° E, su afloramiento es de aproximadamente 230 m. de largo x 50 m de ancho y es conocido unos 35 m vertical (superficie 3,920 m.s.n.m.) al oeste y sur es veta – fallas y al este es tapado también por andesita porfiríticas.
- ✓ **Mineralización:** Se encuentra mineralización principalmente en vetas de 0.40m. Hay vetas – fallas mineralizadas en algunos contactos entre las rocas mineralizadas y las rocas Encajonantes.

Los minerales de Mena:

- Galena (PbS) = 5.87%
- Esfalerita (ZnS) = 6.39%
- Plata (Ag) = 4.86 Onz/tc.

Los minerales de ganga:

- Pirita (FeS₂)
 - Calcita (CaCO₃)
 - Cuarzo (SiO₂)
- ✓ **Control de Mineralización:** La mineralización dentro de las cajas está distribuida en cuerpos discontinuos con tramos estériles a

pobrementemente mineralizados. Estos cuerpos varían ya sea de regular a irregular con anchos que van desde 0.2m hasta 1.8 m.

- ✓ **Control Mineralógico:** La posibilidad del yacimiento depende del zoneamiento, la geometría del yacimiento y sobre todo del fondo mineralógico. Los depósitos minerales en el proyecto Utcuyacu son de origen hidrotermal, del tipo de vetas de relleno y reemplazamiento de fracturas en volcánicos e intrusivos terciarios, íntimamente vinculados con los procesos volcanogénicos. Los depósitos minerales son de carácter polimetálico.

- ✓ **Reservas de Yacimiento.** El yacimiento del proyecto minero Utcuyacu, ha sido estimado a partir de los trabajos de exploración por medio de socavones de exploración y afloramientos. Para la etapa de exploración, desarrollo y preparación en la que se encuentra la mina, ha sido estimada las siguientes reservas. (La Cruz, 2012).

Tabla N° 2: Reserva de mineral-Mina Utcuyacu

Mineral Probado	46,146.30 TMS
Mineral Probable	79,897.31 TMS
Total	126,043.61 TMS

Fuente: Propia.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN

2.1. Marco Teórico.

2.1.1 Antecedentes de la investigación

En la tesis **Evaluación técnica y económica de una mina subterránea utilizando relleno cementado**; Sustentado el año 2015 por el Bachiller: Alonso Ricardo VIVES ÁVILA, para optar el título profesional Ingeniero Civil de Minas en la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de ingeniería de Minas. En la tesis se concluye que:

El relleno de caserones es una tecnología ampliamente utilizada en la minería de oro y plata, polimetálica y en la minería del carbón. Para países como Australia, Canadá y Polonia, esta tecnología es común y continuamente se realizan estudios para mejorar la generación de mezclas optimizando no solo la incorporación del aglomerante (cemento) debido

a su alto costo, sino también optimizando la producción de las mezclas, su transporte y colocación. Sin embargo, esta tecnología solo se aprovecha en una mina en Chile, Mina El Toqui. Entonces, resultó atractivo evaluar su aplicación en un pórfido de cobre vetiforme existente en un yacimiento chileno. Este trabajo consistió en desarrollar el diseño minero y secuencia de explotación de la mina con el objetivo de evaluar técnica y económicamente el uso de relave cementado como relleno de caserones. Este diseño se comparó con la evaluación del caso base sin relleno. Las conclusiones obtenidas del estudio se detallan a continuación.

El diseño de los caserones de la mina en ambos casos es el mismo. Sin embargo, la cantidad extraída de estos varía ampliamente para cada caso, aun cuando ambos cumplen con los objetivos de maximizar la extracción y mantener la estabilidad geomecánica. En específico, para el caso en donde se utiliza relleno cementado, se realizó un secuenciamiento primario-secundario, de manera ascendente, que permite la estabilidad geomecánica de la mina, evita la ocurrencia de daños locales y disminuye la subsidencia en superficie. La desventaja es que se debe desarrollar una rampa de acceso más extensa, ya que se debe llegar al nivel inferior para comenzar a extraer mineral, y la explotación se retrasa. Sin embargo, de forma descendente no es posible operar, ya que el relleno cementado no se emplea de techo de futuros caserones, por motivos de seguridad. Es preferible siempre mantener el relleno en el piso del caserón.

Comparando los casos estudiados, se identificaron tres desventajas cuando se utilizan rellenos cementados:

1. Costos inversionales mayores al caso base, por la construcción de una planta de mezcla de cementos con relave.
2. Costos operacionales mayores, debido al costo de adquisición del cemento, a la operación y mantención del sistema de transporte, además de la operación y control del sistema de monitoreo.
3. Dificultad operacional en las áreas reducidas de la minería subterránea, ya que se deben mantener cerrados secciones de la mina mientras ocurre el relleno. Además, es necesario considerar los tiempos requeridos para rellenar los caserones, que si no son bien contabilizados en el ciclo de extracción, puede ocasionar problemas en el ritmo de producción estimado de la mina.

Estas desventajas deben ser identificadas en etapas tempranas de los proyectos para encontrar soluciones innovadoras que minimicen sus impactos. Como por ejemplo, optimizando la cantidad de cemento a utilizar en la mezcla o buscar otro aglomerante de menor costo. Las dificultades operacionales se superan al entender el proceso como una operación unitaria más dentro del ciclo de extracción, y considerar los tiempos y espacios necesarios para una buena aplicación del relleno, dentro de la planificación inicial de la mina. Los caserones rellenos deben ser constantemente monitoreados para permitir un mejoramiento continuo a lo largo de la vida del yacimiento.

De la comparación de los casos también se identificaron las siguientes ventajas económicas y ambientales del uso de rellenos cementados.

1. Incremento de las reservas mineras en un 119 %, con respecto al caso base, correspondiente a un aumento de 3,63 [Mton] de mineral.

2. Incremento de la vida útil de la mina en 4 años
3. Incremento en un 33,3 % de los beneficios del proyecto, reflejados en el VAN, correspondiente a un aumento de 13,6 [MUS\$].
4. Disminución de un 50,2 % del volumen de relave a disponer en tranques de relaves, al ser reutilizados en el relleno.

Es necesario mencionar que si bien existe una mejora en el VAN cuando se utiliza relleno cementado, se está comparando con un sublevel stoping en donde se mantienen las losas y pilares. Esto no siempre ocurre, y existen minas en las que no existe una restricción por subsidencia, o simplemente su profundidad no genera deformaciones en superficie, entonces se realiza un Mass Blast, que permite aumentar las reservas de mineral.

Evaluando las ventajas y desventajas del uso de relaves cementados como relleno de minas subterráneas, se comprueba que la aplicación de esta tecnología en una mina de cobre chilena es factible, siendo además posible implementarla en yacimientos de otros minerales y en otros lugares de Sudamérica. Esta tecnología provoca que el negocio minero sea más sustentable incrementando los beneficios económicos y la vida útil de la explotación, además de reducir el tonelaje de relaves que debe conducirse y depositarse en tranques de relaves. Esto último implica una disminución en inversión, manejo y cierre de los depósitos de residuos mineros como también una disminución de los riesgos asociados a estos depósitos (como la contaminación directa del suelo, agua y aire por derrames y por el propio tranque). (Vives, 2015).

En la tesis **Evaluación técnico - Económico de la mina “NUNCIA”**, Sustentado el año 2004 por el Bachiller: Walter Nicolaw ROMERO VEGA,

para optar el título profesional Ingeniero de Minas en la Universidad Nacional, Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y Metalurgia, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas. En la tesis se concluye que:

1. De la evaluación técnica económica, y con las actuales condiciones de precios de los metales podemos concluir que el proyecto es técnicamente y económicamente rentable.
2. La evaluación técnica económica se ha realizado para una producción de 30 TMD, si este se realizara para 60 TMD el proyecto en las actuales condiciones sería más expectante.
3. Los indicadores económicos obtenidos son: VANE = 171,071.12, el TIR = 1.62% y el B / C = 1.13 bajo estos parámetros se debe de implementar el proyecto por ser rentable.
4. Para el proyecto el horizonte de vida es de cuatro años lapso en el cual puede haber variaciones en los precios de los metales debido a que el mercado de estos es muy especulativo por lo que se deberá de vigilar siempre el proyecto y se deberá de aplicar últimas tecnologías para garantizar la vida del presente proyecto.
5. El yacimiento minero Nuncia es un yacimiento de Plata y Oro esencialmente.
6. El método de explotación a emplear será el corte y relleno ascendente (variedad de circado), por las condiciones geomecánicas del macizo rocoso. (Romero, 2007).

2.1.2. Definición de términos.

Para los fines de aplicabilidad en la Evaluación técnica – económica de proyectos mineros, son aplicables los siguientes términos y definiciones.

Concesiones Mineras.- Otorga a su titular un derecho real consistente en la suma de los atributos que esta ley reconoce al concesionario. Las concesiones son irrevocables, en tanto el titular cumpla las obligaciones que esta ley exige para mantener su vigencia. (Ley General de Minería D.S. N° 014-92-EM)

Pequeños Productores Mineros.- Son pequeños productores mineros los que:

- ✓ En forma personal o como conjunto de personas naturales, o personas jurídicas conformadas por personas naturales o cooperativas mineras o centrales de cooperativas mineras se dedican habitualmente a la explotación y/o beneficio directo de minerales.
- ✓ Posean por cualquier título, hasta dos mil hectáreas entre denuncias, petitorios y concesiones mineras y, además posean por cualquier otro título, una capacidad instalada de producción y/o beneficio no mayor de trescientas cincuenta toneladas métricas por día. (Ley General de Minería D.S. N° 014-92-EM)

Rock Quality Designation (RQD) – El índice de calidad de roca de Deere.-

En 1964 Deere propuso un índice cuantitativo de la calidad de la roca basado en la recuperación de núcleos con perforación de diamante, se llama RQD; se ha usado en todas partes y se ha comprobado que es muy útil en la clasificación del macizo rocoso para la selección del refuerzo para los túneles.

La RQD se define como el porcentaje de núcleos que se recuperan en piezas enteras de 100 mm o más, del largo total del barreno. Por lo tanto:

$$RQD(\%)= 100 \times (\text{Longitud de núcleos mayor 100 mm} / \text{Largo de Barreno})$$

Deere propuso la siguiente relación entre el valor numérico RQD y la calidad de la roca desde el punto de vista de la ingeniería.

Tabla N° 3: Clasificación de RQD

<i>RQD</i>	<i>Calidad de Roca</i>
<i>Menor 25%</i>	Muy Mala
<i>25 – 50%</i>	Mala
<i>50 – 70%</i>	Regular
<i>75 – 90%</i>	Buena
<i>90 – 100%</i>	Muy Buena

Fuente: E. Hoek / E. T. Brown

Ya que la RQD permite dar un valor numérico a la calidad de la roca, no es de sorprenderse que se haya tratado de relacionar este número con la clasificación cualitativa de Terzaghi. (E. Hoek / E. T. Brown; 1985:27).

Clasificación CSIR de los Macizos Rocosos Fisurados.- Luego que Bieniawski aconsejara un tipo de clasificación de un macizo rocoso fisurado y a través de las correcciones que el mismo diera, establece cinco parámetros fundamentales para su clasificación las cuales quedaron como sigue:

- ✓ Resistencia de la Roca inalterada
- ✓ RQD
- ✓ Espaciamiento de fisuras
- ✓ El estado de las fisuras
- ✓ Condiciones del agua subterránea. (E. Hoek y E. T. Brown; 1985).

Programa.- Es un instrumento normativo cuya finalidad consiste en desagregar y detallar los planteamientos y orientaciones generales del plan, mediante la identificación de objetivos y metas (Barboza, 2011:41).

Seguridad.- Mecanismo jurídico, administrativo, logístico tendiente a generar protección contra determinados riesgos o peligros físicos o sociales.

Es la calidad de lo seguro, libre de todo peligro, daño, sin ningún riesgo, es un mecanismo que impide el funcionamiento accidental de una máquina, equipo, otros a través del mundo los dirigentes de las organizaciones de éxito se preocupan de optimizar el uso de sus recursos, esto significa evitar pérdidas innecesarias (Barreno y Haro, 2011: 36).

Gestión de la Seguridad y Salud.- Ocupacional. Es la aplicación de los principios de la administración profesional a la seguridad y la salud ocupacional (D.S N° 055 - 2010 EM).

Capacitación.- La capacitación es la acción destinada a desarrollar las aptitudes del trabajador, con el propósito de prepararlos para desempeñar eficientemente una unidad de trabajo específica e impersonal (Rodríguez y Limonta, 2001:50).

Capital de trabajo.- Es el monto económico necesario para mantener en marcha el proceso productivo hasta su posterior comercialización. Por lo cual es el capital requerido una vez finalizada la etapa de anteproyecto, construcción y puesta en marcha del proyecto.(Ruiz Castro, 2010:8)

Este capital se destina a:

- ✓ Stock de materiales e insumos
- ✓ Gastos de comercialización

- ✓ Disponibilidad mínima en caja y bancos

Costos de Operación.- Son los montos económicos necesarios para el desarrollo de las operaciones unitarias y auxiliares en el proceso minero – metalúrgico. .(Ruiz Castro, 2010:14)

Los rubros donde se deben detallar este tipo de costos son:

- ✓ Costos directos:
 - Mano de obra.
 - Maquinarias y equipos
 - Materiales e insumos
- ✓ Costos indirectos:
 - Mano de obra.
 - Maquinarias y equipos
 - Materiales e insumos

Costo de Producción.- Entendemos por Costos de producción, a la sumatoria de todos los gastos que ocasiona el proceso productivo, hasta poner el producto comerciable en el puerto de embarque, FOB. Estos costos incluyen la mano de obra, materiales e insumos y los pagos por servicios, etc, no consideran los gastos administrativos, ni los costos financieros, ni los tributos que deben ser pagados. (Ruiz, 2010).

Gastos administrativos.- Montos económicos destinados para el mantenimiento continuo de la producción de la empresa minera, a través del personal, equipos y materiales e insumos, de apoyo directo o indirectos de la actividad minera. .(Ruiz Castro, 2010:20)

Está constituido por:

- ✓ Planilla.
- ✓ Sueldos del personal de apoyo: legal y logístico.
- ✓ Pagos por asesoramiento.
- ✓ Gastos en equipamiento.
- ✓ Gastos de materiales.

Tributación en Minería.- En la minería como en cualquier actividad empresarial está sujeta a tributos propios del Estado Peruano, en el caso específico de esta actividad los tributos a que está sujeto son los siguientes:
(Ruiz Castro, 2010:40)

- ✓ Derecho de tenencia de la concesión.- en este caso se paga un dólar por hectárea por año en concesiones por exploración para el caso de la pequeña minería y tres dólares en el caso de la mediana y gran minería, monto absorbido por el MINEM.
- ✓ Derecho de vigencia de la propiedad minera.- Monto similar que el anterior, pero para concesiones por explotación, pagados anualmente durante la vida útil del yacimiento minero, absorbido por el MINEM.
- ✓ Impuesto a la renta de personas naturales (IRPN) y jurídicas (IRPJ), aplicado al monto de ingresos netos generados por la actividad que desarrolla, en el caso de la minería es del 50 %.
- ✓ Impuesto General a la Ventas (IGV), establecido por las transacciones comerciales de compra y venta de productos, normativamente es de 19 %, del monto establecido.

- ✓ Impuesto Selectivo al Consumo (ISC), tiene un impuesto específico para cada producto

Riesgo Económico.- Además de los riesgos evidentes asociados a la intensidad de capital y la de los plazos de maduración de los proyectos, los negocios mineros incluyen otros motivos de riesgo económico, algunos controlables por el inversionista y otros no. En general, estos riesgos se pueden subdividir en: riesgos geológicos, riesgos operativos, riesgos económicos y riesgos políticos.

Por parte del yacimiento, el riesgo proviene de que al ser la evaluación del mismo un proceso largo y costoso, se realizan las estimaciones llegando a un compromiso entre la información y el costo de la misma, lo que implica que el grado de imprecisión en parámetros tales como las reservas, las leyes, etc. sean mucho más altos que los de partida en otros negocios.

Los riesgos técnicos se han reducido notablemente en los últimos tiempos y su incidencia se ha minimizado a través de una mayor mecanización y automatización de las instalaciones, y a mejoras en la seguridad de las mismas. (Cortez y Gallardo, 1998).

Etapas y Actividades Mineras.- Entre el comienzo del ciclo de vida de una mina y su clausura existe un conjunto de etapas y actividades características, que se indican a continuación

- ✓ Cateo
- ✓ Prospección
- ✓ Exploración
- ✓ Explotación

✓ Comercialización

Proyectos.- En la literatura técnica minera se pueden encontrar diferentes definiciones de lo que se entiende por "proyecto". Esto depende en gran medida de la formación profesional de quien lo define, por ejemplo, si es técnico (ingeniero) o si es economista.

Desde el punto de vista técnico, se ha presentado la definición que dice: "Proyecto es la decisión sobre uso de recursos, con el objetivo de incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o prestación de servicios. Se materializa, por lo general, en una obra física (ampliación, conservación, reparación, construcción, reposición, etc.)".

Desde un punto de vista económico, proyecto es un flujo de beneficios y costos que ocurren en distintos momentos en el tiempo, inducido por la decisión de hacer uso de los recursos escasos. (Cortez y Gallardo, 1998).

Formulación de Proyectos.- Como formulación de proyectos se entiende un conjunto de tareas y actividades orientadas a la consecución de la asignación eficiente de recursos para obtener ciertos objetivos. El objetivo de un proyecto generalmente consiste en incrementar, mantener o mejorar la producción de bienes o servicios, como se vio en la definición de proyecto.

Aunque cada estudio de inversión es único y distinto a todos los demás, la metodología que se aplica en cada uno de ellos tiene la participación de poder adaptarse a cualquier proyecto. (Cortez y Gallardo, 1998).

El estado de Pre inversión.- Es aquel en que se van estudiando en grados sucesivos de profundidad, las innumerables ideas de proyectos que surgen en todas las instancias de la gestión empresarial. Así se pueden distinguir etapas

específicas en el proceso de pre inversión, las que se clasifican en orden creciente en cuanto a cantidad y calidad de la información recopilada y a la profundidad de los análisis realizados. Las etapas que normalmente se distinguen corresponden a las siguientes:

1. Generación y análisis de la idea del proyecto.
2. Estudio a nivel de perfil.
3. Estudio de Pre factibilidad, y
4. Estudio de Factibilidad.

Todo este proceso permite ir mejorando las limitaciones de costos y beneficios en cada proyecto y en esa forma hace posible contar con mejor información para la toma de decisiones sobre que proyecto llevar a cabo. (Cortez y Gallardo, 1998).

El Estado de Inversión.- Son todas aquellas acciones tendientes a ejecutar físicamente el proyecto o programa tal como fue especificado en la pre inversión, a fin, de concretar los beneficios netos estimados en la misma. Este estado incluye las etapas de:

- 1) Diseño definitivo (ingeniería de detalle).
- 2) Ejecución del proyecto. (Cortez y Gallardo, 1998).

El Estado de Operación.- Son todas las acciones tendientes a poner en marcha los proyectos y concretar los beneficios netos estimados en el estado de pre inversión. (Cortez y Gallardo, 1998).

Etapas De Pre factibilidad.- Se entiende como una etapa de descarte de soluciones y de investigación de alternativas, que culmina con la selección de

una alternativa viable desde los puntos de vista técnico y económico. Considera además criterios sociales, institucionales, etc., que en casos concretos pueden ser factores determinantes de la viabilidad de las alternativas escogidas.

En la elaboración del estudio de prefactibilidad, deben analizarse en detalle los aspectos identificados en la etapa de perfil, especialmente los que inciden en la factibilidad y rentabilidad del proyecto. Entre estos aspectos sobresalen, la tecnología (o procesos) el tamaño, la localización y las condiciones de orden institucional y legal. (Cortez y Gallardo, 1998).

Etapa De Factibilidad.- Esta etapa se entiende como un análisis más profundo de la alternativa viable determinada en la etapa anterior, sin dejar de estudiar aquellas alternativas que puedan mejorar el proyecto desde el punto de vista de los objetivos fijados previamente. En la etapa final, de este proceso de aproximaciones sucesivas, se deben definir aspectos técnicos del proyecto, tales como localización, tamaño, tecnología, calendario de ejecución y fecha de puesta en servicio.

Una vez que el proyecto ha sido caracterizado y definido, debe ser optimizado en todos los aspectos relacionados con la obra física, el programa de desembolsos de inversión, la organización que debe ejecutar el proyecto puesta en marcha y la organización para su operación. (Cortez y Gallardo, 1998).

Dilución.- Con el objeto de determinar las reservas recuperables del depósito, entre otros factores, es importante manejar el concepto de dilución. El material ajeno a lo programado que es extraído, se denomina dilución. En

algunos métodos de explotación una cierta cantidad de dilución es inevitable. En otros casos constituye una mala práctica de explotación.

Por lo tanto: la dilución es la infiltración de mineral de baja ley o estéril dentro de una masa mineralizada, que se produce cuando se pone en movimiento como consecuencia de la extracción. La dilución podemos clasificarla en dos categorías:

- ✓ Dilución con material mineralizado, significa que el diluyente lleva material recuperable.
- ✓ Dilución con material sin contenido mineral.

Se define y se expresa matemáticamente como el porcentaje de desmonte que se ha extraído junto con la mena, en relación con el total del material extraído. (Cortez y Gallardo, 1998).

$$D = \frac{E}{E + M} \times 100$$

M = Tonelaje de mena extraída

E = Tonelaje de desmonte (material ajeno)

H = M + E = Tonelaje de material extraído

2.1.3. Fundamentación teórica.

2.1.3.1. Análisis de la Producción Económica de la Explotación.

Teniendo las variables antes mencionadas, la utilidad económica (U_E) generada antes del pago de los gastos financieros y de los impuestos, se establece según la fórmula: (Ruiz, 2010)

$$U_E = P_U \times T - (CF + CV_U \times T)$$

La rentabilidad (r) que se genera, se define como la utilidad económica sobre los costos totales, produciéndose la siguiente fórmula matemática:

$$r = \frac{P_U \times T - (CF + CV_U \times T)}{CF + CV_U \times T}$$

La producción económica que se debe obtener en forma teórica, se deduce de la fórmula antes establecida, es decir:

$$P_U \times T - (CF + CV_U \times T) = r (CF + CV_U \times T)$$

$$= r \times CF + r \times CV_U \times T$$

$$P_U \times T - CV_U \times T - r \times CV_U \times T = r \times CF + CF T[P_U - CV_U (1 + r)] = CF (1 + r)$$

$$T = \frac{CF(1+r)}{P_U - CV_U(1+r)}$$

2.1.3.2. Análisis del Factor Marginal.

El análisis marginal define a la Explotación Mínima (EM) del yacimientos, donde el nivel de rentabilidad de la empresa minera es nula, $r = 0$, lo cual predispone que los ingresos brutos generados equilibran exactamente a los costos totales.

Bajo este efecto, la fórmula (1), con una rentabilidad igual a cero, considera la producción mínima del yacimiento minero, donde la fórmula matemática es la siguiente:

$$EM = \frac{CF}{P_U - CV_U}$$

La producción EM, así calculada, representa la cantidad de mineral que debe comercializarse, sin que se generen ni ganancias ni pérdidas, es decir que la utilidad neta será igual a cero (0).

El Factor Económico Crítico (FEC), esto es, la cantidad monetaria que tiene la dualidad de ser ingresos brutos y costos totales a la vez, se determinan mediante el siguiente análisis matemático, multiplicamos la ecuación (2) por “PU”, se obtiene:

$$P_U \times T = \frac{P_U \times CF}{P_U - CV_U}$$

Luego, FEC, se determinará por la fórmula:

$$FEC = \frac{CF}{1 - \frac{CV_U}{P_U}}$$

Gráficamente, los parámetros antes manifestados se visualizarían

del modo siguiente:

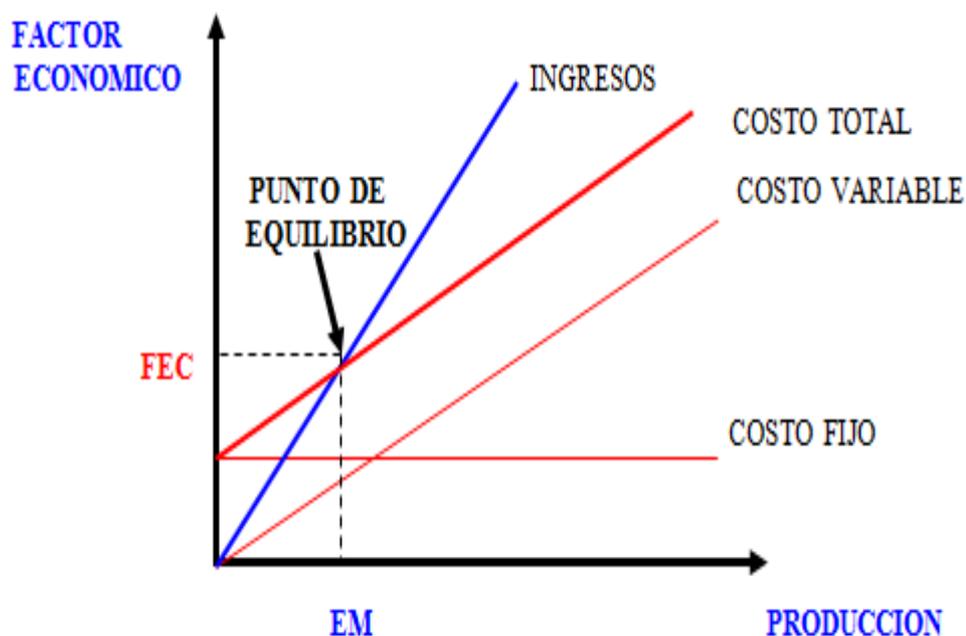


Figura N° 2: Punto de Equilibrio
Fuente: Ruiz, 2010

2.1.3.3. Ley mínima explotable.

La ley mínima explotable, denominado en el idioma inglés “cut off grade”, mal traducido como ley de corte, ya que traducción real debe ser ley mínima de corte, permitirá determinar en el proceso de minado de la unidad productiva minera las siguientes consideraciones:

- a) La ley del mineral de mina, que propiciará que los ingresos netos que se generen sean igual a cero (0), esto es que los ingresos brutos económicos sean iguales a los costos de producción.
- b) Determina que mineral, dentro del proceso de explotación, debe ser extraído bajo consideraciones de rentabilidad económica; es decir establece el planeamiento de minado de las labores mineras de explotación.
- c) Permite determinar la rentabilidad óptima de la empresa, de un modo continuo.
- d) La determinación correcta de la ley mínima explotable es de vital importancia para definir la cantidad de reserva mineral que sustentará el proyecto minero a ejecutarse en un determinado periodo de tiempo.

La ley mínima explotable debe ser calculada como mínimo anualmente y a lo largo del horizonte de vida del proyecto minero, de allí que esta variable tiene un carácter dinámico. Bajo consideraciones de una variación de las variables que lo condicionan, tales como el precio de los metales y los costos de

producción, su cálculo puede ser realizado tantas veces como sea necesario durante un año, de modo que se consignent la explotación rentable del yacimiento en operación, especialmente cuando se produce la caída del precio de los metales en el mercado internacional. .(Ruiz Castro, 2010:63)

Determinación de la ley mínima explotable.-

$$Lme = \frac{Cp}{P_N \times R}$$

Dónde:

- ✓ Lme = Ley mínima explotable
- ✓ Cp = Costo de producción.
- ✓ PN = Precio neto pagable.
- ✓ R = Recuperación metalúrgica del mineral.
- ✓ (Ruiz Castro, 2010:92)

OPEX.- Se refiere al gasto operativo que es necesario realizar para la ejecución del proyecto, incluyendo también los “overheads” o costos administrativos.

Una vez que se tiene clasificado el total del presupuesto por centro de costo y responsabilidad se procede a reagruparlo sin considerar los montos del año en que se va a reportar las reservas y en función al procesos operativo que realiza o al que contribuye: Minado (Perforación y voladura, carguio y acarreo) y Procesos.

Costo de Minado.- Está formado por los siguientes ítems:

- ✓ **Perforación y voladura:** Formado por un costo directo (agrupación del centro de costos) y un costo administrativo o de soporte (O&PS), que es un porcentaje del costo administrativo total asignado al minado dividido entre las toneladas minadas.
- ✓ **Carguío y acarreo:** Además del costo de soporte, que es la diferencia del costo administrativo total asignado al Minado y la parte asignada a Perforación y Voladura, existe un costo fijo, de carguío y acarreo, y otro variable, que es el de la distancia de acarreo

Costo de Proceso.- Se encuentra formado por el costo directo, el costo de soporte (O&PS), costo incremental de acarreo y soporte por equipo de mina.

Los dos primeros forman el costo operativo de proceso, el tercero representa el incremento del costo por llevar el material desde el Dump hasta el Pad o molino y el último es un valor histórico por el uso de equipos. (Lagos, 2010).

CAPEX.- Se refiere al gasto de capital que se requiere hacer para la ejecución del proyecto, también involucra el gasto de cierre de mina. Los CAPEX son utilizados por una compañía para adquirir o mejorar los activos fijos tales como equipamientos, propiedades o edificios industriales. (Lagos, 2010).

Desarrollo de Mina.- Son los costos asociados al desarrollo necesario para minar un tajo (canales, accesos auxiliares, desbroce,

etc.). La naturaleza de este gasto, nos obliga a distribuirlo una parte como gasto de capital y la otra como gasto operativo (se sugiere distribuir este costo como CAPEX hasta que se inicie la producción de onzas momento en el cual se convierte en OPEX), (Lagos, 2010).

Rentabilidad.- La rentabilidad de un proyecto se puede medir de muchas formas distintas: en unidades monetarias, en porcentaje o en el tiempo que demora la recuperación de la inversión, entre otras. Todas ellas se basan en el concepto del valor tiempo del dinero, que considera que siempre existe un costo asociado a los recursos que se utilizan en el proyecto, ya sea de oportunidad, si existen otras posibilidades de uso del dinero, ya sea financiero, si se debe recurrir a un préstamo.

En otras palabras, \$1 de hoy vale más que \$1 a futuro, por cuanto el dólar recibido hoy puede invertirse inmediatamente para obtener una ganancia que el dólar recibido a futuro no logra obtener el valor final o valor futuro (VF) de un valor actual (VA) se calcula por la expresión:

$$VF = VA * (1 + i)^n$$

Donde *i* es la tasa de rentabilidad exigida y *n* el número de periodos.

La evaluación del proyecto compara, si el flujo de caja proyectado permite al inversionista obtener la rentabilidad deseada, además de recuperar la inversión. (Lagos, 2010).

Utilidad Bruta (Surplus).- La Utilidad Bruta o conocido también como Surplus es la diferencia entre los ingresos, venta de la materia

producida, y los costos, incurridos en producirla, sin contar la inversión total (CAPEX) ni los impuestos. Este método nos da un primer alcance acerca de la evaluación económica, con ello podemos iniciar la evaluación financiera

$$SURPLUS = \sum_{j=1}^n (B_j - C_j)$$

Dónde:

B_j = Ingresos actualizados

C_j = Costos actualizados (OPEX). (Lagos, 2010)

Flujo de Caja (Cash Flow).- El flujo de caja es la diferencia entre ingresos, ventas y valores de rescate, y los costos, operativos y de capital, afectados por los impuestos. (Lagos, 2010).

$$CASHFLOW = \sum_{j=1}^n (B_j - C_j - IMP_j + VALdeRES)$$

Dónde:

- ✓ B_j = Ingresos actualizados
- ✓ C_j = Costos actualizados (OPEX+CAPEX)
- ✓ IMP = Impuestos
- ✓ $VALde RES$ = Valor de Rescate.

2.1.3.4. Valor Actual Neto (VAN).

Es el método más conocido, mejor y más aceptado por los evaluadores de proyectos. Mide la rentabilidad deseada después de recuperar toda la inversión. Para ello, calcula el valor actual de todos

los flujos futuros de caja, proyectados a partir del primer periodo de operación, y le resta la inversión total expresada en el momento cero.

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{CASHFLOW_j}{(1+i)^n} \right)$$

Dónde:

- ✓ CASH FLOW j = Flujo de Caja
- ✓ I = Tasa de Descuento: costo de oportunidad
- ✓ n = Horizonte de Evaluación.
- ✓ I0 = Inversión.

Si el resultado es mayor de cero, mostrara cuanto se gana con el proyecto, después de recuperar la inversión, por sobre la tasa i que se exigía de retorno al proyecto; si el resultado es igual a cero, indica que el proyecto reporta exactamente la tasa i que se quería obtener después de recuperar el capital invertido; y si el resultado es negativo, muestra el monto que falta para ganar la tasa que se deseaba obtener después de recuperada la inversión. (Lagos, 2010).

2.1.3.5. Tasa Interna de Retorno. (TIR).

Mide la rentabilidad como porcentaje. La máxima tasa exigible será aquella que haga que el VAN sea cero

$$0 = -I_0 + \sum_{j=1}^n \left(\frac{CASHFLOW_j}{(1+TIR)^n} \right)$$

Dónde:

- ✓ CASH FLOW j = Flujo de Caja
- ✓ n = Horizonte de Evaluación.
- ✓ I0 = Inversión

La tasa interna de retorno (TIR) tiene cada vez menos aceptación como criterio de evaluación, por tres razones principales:

- ✓ Entrega un resultado que conduce a la misma regla de decisión que la obtenida con el VAN.
- ✓ No sirve para comparar proyectos, por cuanto una TIR mayor no es mejor que una menor, ya que la conveniencia se mide en función de la cuantía de la inversión realizada; y
- ✓ Cuando hay cambios de signos en el flujo de caja, por ejemplo por una alta inversión durante la operación, pueden encontrarse tantas tasas internas de retorno como cambios de signos se observen en el flujo de caja. (Lagos, 2010).

2.1.3.6. Beneficio – Costo (B/C).

La relación beneficio – costo compara el valor actual de los beneficios proyectados con el valor actual de los costos, incluida la inversión. El método lleva a la misma regla de decisión del NPV, ya que cuando este es cero, la relación será mayor que uno, y si el VAN es negativo, será menor que uno

$$R_{B/C} = \frac{\sum_{j=0}^n \frac{B_j}{(1+i)^j}}{\sum_{j=0}^n \frac{C_j}{(1+i)^j}}$$

Dónde:

- ✓ B_j = Ingresos actualizados
- ✓ C_j = Costos actualizados incluyendo la inversión
- ✓ i = Tasa de Descuento: costo de oportunidad del capital
- ✓ n = Horizonte de Evaluación

El índice beneficio costo sólo debe utilizarse cuando se requiere determinar si un proyecto se debe realizar o no. Este indicador no es recomendable para comparar proyectos porque su magnitud absoluta puede ser engañosa. (Lagos León 2010: 41)

2.1.3.7. Índice de rentabilidad.

El Índice de Rentabilidad Financiera, también conocido como el Rendimiento del Capital Contable, muestra la utilidad que se obtendrá por cada dólar o de recursos propios invertidos, es decir, cuánto dinero va generar el Capital de la empresa. (Lagos León 2010: 61)

$$IR = \frac{NPV}{I_0}$$

Dónde:

- ✓ NPV = Valor Actual Neto (VAN) ó Valor Presente Neto (NPV)
- ✓ I_0 = Inversión

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. *El Problema.*

La minería es sin lugar a dudas una de las principales actividades económicas extractivas que tiene nuestro país, la cual aporta un buen porcentaje al PBI que tiene nuestro País, por lo tanto sabemos que los estudios que se realizan al potencial proyecto minero son fundamentales, por lo general los pequeños productores mineros y mineros artesanales no realizan el ciclo completo de estudio del proyecto minero que involucra el cateo, prospección, exploración y explotación. Muchas de las veces el pequeño empresario minero fracasa debido a un mal asesoramiento y malos cálculos en la ingeniería de Minas, ya que esto confiere mucho más que la simple visualización del yacimiento o ver la potencia de la mineralización.

La situación actual del Proyecto Minero Utcuyacu es que en la antigüedad los propietarios de la concesión minera trabajaron la mina guiados por mineralizaciones que afloraron en la superficie, por lo cual realizaron una cortada y trabajaron sobre

mineral con una potencia de veta de aproximadamente 0.70 m. Luego de haber extraído a un ritmo de producción de 10 TMD y realizar 02 tajeos (de 50 m. de largo por 15 m. de alto) perpendiculares a la cortada observaron que la potencia de veta disminuía y las labores profundizaban por lo que después de 01 año de explotación continua y al no haber preparado la mina no podían acceder al pique que estaban construyendo ya que no había un planeamiento previo de las operaciones que estaban realizando, y menos una noción de la geología que tenían en el yacimiento que explotaban por lo que se vieron forzados al cierre de mina.

3.1.1. Planteamiento del problema.

La evaluación técnica – económica de proyectos mineros es un requisito indispensable para la presentación a los accionistas de la empresa y determinar su posterior inversión para el desarrollo y preparación de mina.

Por otra parte, los dueños del proyecto minero están obligados a presentar la información recopilada tanto geológica, minera y metalúrgica. Además sabemos que en la actualidad de acuerdo a la legislación peruana necesitamos saber qué opinan las comunidades aledañas sobre un posible proyecto minero en su región. De esta manera estaremos brindando información útil que servirá también como evaluación de viabilidad para el proyecto.

Además sabemos que los pequeños productores mineros y mineros artesanales por lo general no tienen una política de inversión para el estudio del yacimiento y su posterior evaluación técnica económica ya que consideran estos costos elevados e innecesarios.

Por lo tanto vemos que en realidad si el minero artesanal y pequeño productor minero no tienen estos estudios prácticamente están haciendo una inversión a “ciegas” que no tienen la certeza de recuperación de capital y menos de una sostenibilidad en el tiempo de la mina, es por ello que son necesarios los estudios geológicos, mineros y metalúrgicos, ya que de esta manera podremos evaluar la parte técnica del proyecto y con parámetros de evaluación, indicadores económicos (VAN, TIR, B/C) la parte económica, pudiendo concluir en la viabilidad o no del proyecto minero.

3.1.2. Formulación del Problema.

¿El proyecto minero Utcuyacu será factible técnica y económicamente?

3.1.3. Objetivos de la investigación.

3.1.3.1. Objetivo General.

Realizar la evaluación técnica – económica del proyecto minero “Utcuyacu”.

3.1.3.2. Objetivos Específicos

1. Determinar los indicadores económicos, VAN, TIR y B/C.
2. Calcular las reservas probadas y probables del yacimiento.
3. Calcular el costo de producción.
4. Determinar el costo de explotación.
5. Calcular la ley mínima explotable (Cut - Off).
6. Seleccionar el equipo para el minado del yacimiento.
7. Establecer la recuperación del mineral.

3.1.4. Justificación e importancia

El trabajo de investigación se justifica en la medida de que se da solución a la falta de un estudio de evaluación técnica – económica del yacimiento en cuestión, por medio de la cual se minimizarán los riesgos de inversión para ser atractivos para los empresarios mineros y tener una certeza del potencial del proyecto minero, la certeza de las reservas probadas y probables y el posible ritmo de producción que tendrá el proyecto minero inicialmente.

La investigación en mención es importante para los dueños de la concesión minera debido a que con la evaluación técnica – económica del proyecto minero tendrán un panorama amplio con respecto a las labores mineras que inicialmente estaban realizando y pudieran retomar al cabo de una re-financiación para la puesta en marcha del proyecto minero.

El presente trabajo de investigación servirá para optar mi título profesional también servirá para especializarme en el área de Gestión Minera y Valuación de Proyectos Mineros y solucionar el problema de la Mina en estudio. Será de suma importancia para otros investigadores, servirá de antecedente y referencia de estudio.

3.1.5. Alcances

La presente investigación pretende presentar una evaluación técnica – económica del proyecto minero “Utucuyacu” que permita la toma de decisión de la viabilidad del proyecto y así poder invertir en el mismo y generar una fuente de ingreso económico a la localidad donde se desarrolle.

Además de la búsqueda de otros posibles proyectos mineros cercanos ya que se observa mucha minería artesanal en la localidad y masificar una minería responsable y sostenible en el tiempo con la evaluación técnica – económica respectiva, además de poder relacionar los proyectos a un mismo yacimiento y replantear el estudio para una media o gran minería en la localidad.

3.1.6. Limitaciones

- ✓ **Limitación espacial:** El presente trabajo de investigación queda limitado geográficamente o espacialmente en la Concesión Minera de nombre MINAS UTCUYACU JLC, del titular JUAN EFIGENIO LA CRUZ HUERTA de 200 hectáreas.
- ✓ **Limitación de tiempo:** Carencia de tiempo suficiente, para dedicarse exclusivamente a las tareas de investigación.
- ✓ **Limitación de presupuesto:** Los bajos recursos económicos, que tiene el investigador, para la realización de la presente tesis.
- ✓ **Limitación personal:** Falta de práctica en la realización de investigaciones y la carencia de fuentes de información referencial.

3.2. Hipótesis

La evaluación técnica – económica del proyecto minero “UTCUYACU” en el año 2016, determinara la rentabilidad de la mina NUNCIA.

3.3. Variables

Variable Independiente (x):

Evaluación técnica – económica.

Variable dependiente (y):

Proyecto minero “UTCUYACU”

3.4. *Diseño de la investigación*

3.4.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación es **Aplicada** según el propósito, es aplicada por tener una aplicación inmediata en la solución de problemas prácticos.

3.4.2. Nivel de la investigación

El nivel de investigación adoptada para la elaboración del presente trabajo es descriptivo - aplicada, ya que tiene por finalidad describir y aplicar la metodología con pasos lógicos, porque se pretende describir las características que tiene el yacimiento minero como son la parte geológica, minera y metalúrgica que intervendrán en la investigación. Se encuentra dentro del marco de la investigación de campo – gabinete porque recolectamos datos directamente del yacimiento (datos primarios) que luego pasaran a estudiarse en gabinete sin la manipulación o control de variable alguna. Durante el proceso de investigación se hizo necesaria la recolección de datos de primera fuente, en nuestro caso toma de datos de la Mina Utcuyacu.

3.4.3. Diseño de investigación

El diseño de la presente investigación es **No experimental de corte Transversal**. Es no experimental porque no se manipulara variable alguna, y es transversal porque el tiempo de medición de las variables se da en periodo muy breve.

3.4.4. Método

Se empleará el método deductivo donde el proceso de los conocimientos se inicia por la observación de fenómenos de carácter general con el propósito de llegar a conclusiones particulares contenidos explícitamente en la situación general.

3.4.5. Población y muestra

Población

La población será toda la concesión del proyecto minero UTCUYACU la cual consta de 200 hectáreas. La cual representará a la población.

Muestra

La muestra será la mina Utcuyacu, la cual consta de un nivel de 100 metros de longitud aproximadamente, con 02 tajeos de 50 x 15 m. y 01 pique de 25 m.

3.4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para la recolección de la información se utilizaron las siguientes técnicas:

Observación directa: Se realizó un monitoreo de las principales actividades ejecutadas para lograr detectar los factores geológicos y geomecánicos.

Revisión documentaria referencial: Estuvo orientada a la obtención de información general del proyecto minero. Además, se realizó el estudio de la bibliografía y los informes documentados a fin de aplicar lo más acertadamente a los requerimientos de extracción.

3.4.7. Metodología de recolección de datos

En la elaboración del presente trabajo de tesis se ha seguido dos etapas consistentes en:

- **Trabajo de campo:** Consistente en recoger la información y registro del método de explotación para establecer sus costos operacionales.
- **Trabajo de gabinete:** Los datos que se recolectarán mediante las técnicas precisadas con sus respectivos instrumentos, serán tratados utilizando herramientas como: Microsoft Word y programas estadísticos como Análisis de datos del Microsoft Excel

CAPITULO IV

RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. *Descripción de la realidad y procesamiento de datos.*

La mina Utcuyacu actualmente tiene un único nivel denominado NV-01 en la cota 3535 m.s.n.m. las labores con las que cuenta se han desarrollado sobre la estructura mineralizada de la veta principal llamada Utcuyacu; la mina era explotada de forma artesanal y esporádica circando la estructura mineralizada de la caja piso, y pallaqueando el mineral. El ritmo de producción que tenía era menor a 10 TMD realizando las siguientes operaciones como sigue: perforación, voladura, pallaqueo – limpieza y transporte. El método de explotación era convencional y producción mínima, en la actualidad se encuentra abandonada.

4.2. *Labores de desarrollo.*

Inicialmente propondremos un ritmo de producción a 30TMD para lo cual proyectaremos el siguiente plan de desarrollo de labores:

- ✓ **Horizontales:** Se seguirá con la construcción del nivel principal Utcuyacu en ambos sentidos hacia el NE y SW, en ambos toques con un promedio de 20.00 metros mensuales con una sección de 6'x7'.
- ✓ **Verticales:** Se construirán 02 dos chimeneas con fines de ventilación y tendrán una sección de 5'x7'.

4.3. *Método de explotación.*

El yacimiento minero se encontraba trabajándose por una explotación artesanal, circando la estructura mineralizada de la caja piso. Para las actuales condiciones del mercado es importante la selectividad del mineral de cabeza, el ritmo de producción, el método de explotación, las operaciones unitarias para la explotación son como sigue: perforación, voladura, limpieza, Izaje y transporte.

4.3.1. Consideraciones Generales.

Para el proyecto minero Utcuyacu se tienen las siguientes consideraciones generales.

- ***Características De La Mineralización:*** La característica principal de este yacimiento es la profundización de la mineralización según los estudios geológicos de las estructuras. Esto nos permite inferir con respecto a la profundización de la mineralización de la veta Utcuyacu.

- ***Características De Las Rocas Encajonantes:*** La característica principal de las rocas Encajonantes es que son competentes y se prestan para elegir métodos de explotación como el de almacenamiento provisional (Shrinkage) también los de corte y relleno ascendente. (Cut and Fill).

4.3.2. Operaciones Unitarias De Minado.

Las operaciones unitarias son aquellas que nos permitirá realizar la explotación de un yacimiento minero en forma sistemática y continua.

- **Perforación:** Para la perforación se emplearán las perforadoras roto percutivas Jack Leg marca Toyo modelo TY-280L.

Equipos y Materiales

- Perforadora roto percusivas marca Toyo modelo TY – 280L.
- Barrenos integrales de 4', 6' y 8'.
- Compresora Sullair de 185 CFM
- **Voladura.** La voladura es una operación unitaria de mucha importancia que se realizará para la fragmentación del mineral o roca encajonante.

Insumos

- Dinamita semi gelatina de 65% x7" x 7/8".(FAMESA)
- Fulminante #6
- Mecha lenta o Guía de Seguridad

- ANFO

- **La malla de perforación:** empleada será convencional con un promedio de 21 taladros y con arranque en V.
- **Limpieza:** La limpieza del material disparado y del desmonte lo realizarán de manera manual 02 dos lamperos quienes trabajarán con carretillas para luego ser transportados a la cancha de almacenamiento.

4.3.3. Servicios auxiliares mineros:

Toda operación minera requerirá de servicios auxiliares, por lo que para nuestra planificación y ritmo de producción de 30 TMD se detallarán a continuación:

- **Aire Comprimido:** El aire comprimido será abastecido desde la superficie de la mina, a través de tuberías de polietileno de 2" para que posteriormente se distribuyan a los puntos de operación por mangueras de 1" a 3/4", se usará un compresor de 185CFM a 130 PSI de combustión interna.
- **Sistema De Drenaje:** El sistema de drenaje de agua subterránea será por medio de cunetas de 0.3m x 0.5m con una pendiente de 3 por mil como máximo.
- **Abastecimiento De Agua:** El agua es de vital importancia para las operaciones unitarias a desarrollar entre ellas la perforación, por lo que se está proyectando alimentar desde superficie de mina

por tubería de 2" de polietileno para luego llegar a los puntos de distribución y frentes de tajeos por mangueras de ½".

- **Ventilación:** La ventilación será natural por lo cual es importante el desarrollo de chimeneas las cuales se construirán sobre mineral (Sobre la veta Utcuyacu) por lo que no requerirá de ventilación mecánica, además de ello de habilitar un espacio para el taller de maestranza.

4.3.4. Tratamiento metalúrgico del mineral

El mineral que provendrá de la Mina Utcuyacu, principalmente de su veta Utcuyacu será concentrada por flotación diferencial de sulfuros, logrando obtener un concentrado Bulk de Plomo – Plata y un concentrado de Zinc. El proceso de tratamiento será el siguiente: Chancado, molienda, clasificación, acondicionamiento, flotación y secado.

4.3.5. Balance metalúrgico actual.

El balance metalúrgico se ha realizado con los siguientes parámetros:

Mineral de cabeza: Pb = 5.87%, Ag = 4.86 Onz/Tc y Zn = 6.39%

Tabla N° 4: Balance metalúrgico del mineral del proyecto minero Utcuyacu

LOTE	SULFURO
------	---------

BALANCE METALURGICO

Producto	PESO	LEYES			COTENIDOS			DISTRIBUCION			RATIO
	Gramos	Ag oz/Tc	%Pb	%Zn	onz Ag	TM Pb	TM Zn	%Ag	%Pb	%zn	
Cabeza	1000	4.86	5.87	6.39	5357.143	58.7	63.9	100	100	100	
CONC. Pb	81.93	55.26	59.81	6.92	4990.577	49.002	5.67	72.96	83.48	8.87	12.21
CONC. Zn	109.78	8.73	4.34	51.57	1056.415	4.764	56.614	15.44	8.12	88.6	9.11
Relave	808.29	0.89	0.61	0.2	792.965	4.931	1.617	11.59	8.4	2.53	
Cab. Calc		4.86	5.87	6.39	6839.957	58.697	63.901	100	100	100	

Fuente: El Tesista.

4.4. Análisis económico: ingresos y egresos.

4.4.1. Comercialización de minerales.

Se empleará los términos de comercialización de la empresa transnacional

Trafigura

Tabla N° 5: Valorización de concentrado de plomo

Informe de ensayo									
COD. LAB.	DATOS DEL CLIENTE		Pb %	Ag oz/tc	Au oz/tc	Zn%	As %	Sb %	Bi %
	Lote N°	TMS							
34567			59.81	55.26	-	6.92	0.65	0.65	0.13

$$(55.26\text{Onz/TC})/0.9072 = \mathbf{60.91\text{Onz/TM}}$$

COTIZACIONES(P)

Precio al 26/06/2018

Pb US \$/lb=	1.09
Pb US \$/TM=	2403.0
Ag US \$/Ozt=	16.35

ESCALADOR

Precio base PB:		2283.28	US \$/TM
Z=	5	%	

Penalizaciones (Por unidad porcentual):

As + Sb: 2.5 US \$ por TM por cada 0.1 % por encima de 0.50%

Bi: 1.5 US \$ por TM por cada 0.01 % por encima de 0.20%

Zn: 2.0 US \$ por TM por cada 1.00% por encima de 7.00%

Sujeto al contrato del comprador

	PENALIZACION (Pz)	UNIDAD PORCENTUAL	LEY LIMITE
	US\$/TM	(U) %	(L2) %
As + Sb:	2.5	0.1	0.5
Bi:	1.5	0.01	0.2
Zn:	2.0	1	7

METALES PAGABLES

PLOMO (Pb)

$$59.81\% \quad \times \quad 0.95 \quad = \quad 0.568$$

$$59.81\% \quad - \quad 3 \quad = \quad 0.568$$

MENOR VALOR

$$\mathbf{0.568 \quad \times \quad 2403.26 \quad = \quad 1365.051 \quad US\$}$$

PLATA (Ag)

$$= 60.91 \quad \times \quad 0.950 \quad = \quad 57.864$$

MENOR VALOR

$$60.91 \quad - \quad 1.607 \quad = \quad 59.303$$

$$\mathbf{57.864 \quad \times \quad 16.35 \quad = \quad 946.076 \quad US\$}$$

VALOR**TOTAL = 2311.127 US\$/TMS****DEDUCCIONES**

MAQUILA = 320.000 US\$/TMS

DEDUCCIONES

(2403.26 - 2283.10) x 0.05 = 6.009 US\$/TMS

REFINACION

PLATA (Ag) (60.91 X 1) = 60.91 US\$/TMS

PENALIDADES

As + Sb: (1.3 - 0.5) x 2.50 = 20.000 US\$/TMS

Bi (0.13 - 0.2) x 1.00 = -7.000 US\$/TMS

Zn (6.92 - 7) x 2.00 = -0.160 US\$/TMS

TOTAL = 406.919 US\$/TMS**VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE****Pb 2311.127 - 406.919 = 1904.208 US\$/TMS**

Fuente: El tesista

Tabla N° 6: Valorización de concentrado de zinc

INFORME DE ESAYO								
COD. LAB.	DATOS DEL CLIENTE		Ag oz/tc	Zn %	Pb %	As+Sb %	Fe %	SiO2 %
	Lote N°	TMS						
34567			8.73	51.57	4.34	0.45	6.5	3.25

$$(8.73\text{Onz/TC})/0.9072 = \mathbf{9.623\text{Onz/TM}}$$

COTIZACIONES(P)

Precio al 26/06/2018

Zn US \$/lb=	1,32
Zn US \$/TM=	2910,600
Ag US \$/Ozt=	16,35

ESCALADOR

Precio base Zn:	2765.070	US \$/TM
Z	=	5 %

PENALIZACIONES (Por unidad

porcentual):

%SiO2	2	US \$ por TM por cada 1 % por encima de 2,5 %
%Fe	2	US \$ por TM por cada 1 % por encima de 8%

%As+Sb 2.5 US \$ por TM por cada 0.10% por encima de 0.5%

Sujeto al contrato del comprador

	PENALIZACION	UNIDAD	LEY
	(Pz)	PORCENTUAL (U)	LIMITE (L2)
	US\$/TM	%	%
SiO2:	2	1	2.5
Fe:	2	1	8
As+Sb:	2.5	0.1	0.5

METALES PAGABLES

ZINC (Zn)

51.570% x 0.85 = 0.438

51.570% - 8 = 0.436

MENOR VALOR

0.436 x 2910.600 = 1269.021 US\$

PLATA (Ag)

9.623 x 0.7 = 6.736

9.623 - 3 = 6.623

MENOR VALOR

6,623 x 16.350 = 108.286 US\$

VALOR TOTAL = 1377.307 US\$/TMS

DEDUCCIONES

MAQUILA = REFINACION + FUNDICION = 380.000 US\$/TMS

DEDUCCIONES

(2910.60 - 2765.070) x 0.05 = 7.277 US\$/TMS

PENALIDADES

As+Sb (0.45 - 0.5) x 2.50/0.10 = - US\$/TMS

SiO2 (3.25 - 2.5) x 2.00/1 = 1.500 US\$/TMS

Fe (6.5 - 8.0) x 2.00/1 = - US\$/TMS

TOTAL = 388.777 US\$/TMS

VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE

Zn 1377.307 - 388.777 = 988.530 US\$/TMS

VALOR DEL MINERAL DE CABEZA

VALOR DE 1 TM DE MINERAL DE MINA

VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE

Pb = 1904.208 US\$/TMS

VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE

Zn = 988.530 US\$/TMS

VALOR DEL MINERAL DE PLOMO(VMP)

VMP=VNC / RATIO

Donde: VNC=valor neto del concentrado de plomo
RATIO=radio de concentracion del plomo

VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE Pb = 1904.208 US\$/TMS

RATIO PLOMO = 12.21

VALOR DE

PLOMO = 155.954 US\$/TM

VALOR DEL MINERAL DE ZINC (VMZ)

$$\text{VMZ} = \text{VNC} / \text{RATIO}$$

Donde: VNC=valor neto del concentrado de zinc
RATIO=ratio de concentracion de zinc

VALOR DE 1 TMS DE CONC. DE

Zn = 988.530 US\$/TMS

RATIO ZINC = 9.11

VALOR DE

ZINC = 108.510 US\$/TM

VALOR DE 1TM DE MINERAL DE CABEZA = 264.464 US\$/TM

4.4.2. Costos de producción.

Los costos de producción son calculados para una operación minera de 30TMD y se detallan a continuación.

- **Costo de exploración:** Consideraremos un avance efectivo de 1.3m/gd x 2gd = 2.6m/Día x 25 días = 65m/Mes, suficiente para una operación de 30TMD o 750TM/Mes, el costo es como se describe:

Tabla N° 7: Tabla Costo de exploración

MANO DE OBRA		24/02/2016
		Tipo de cambio (\$)
		3,53

Num	PERSONAL	JORNAL(\$./Día)	TOTAL \$/gd
1	Perforista	65	18,41
1	Ayudante Perforista	45	12,75
2	Lamperos	35	9,92
		SUB TOTAL	41,08
		70% L:S	28,75
		TOTAL	69,83
		Costo \$/tm	totalx (nºgd/dias mes)
		Costo \$/tm	5,59

INSUMOS Y MATERIALES

Unid.	DESCRIPCIÓN Y CONSUMO		Precio Unitario (\$)	Total \$/gd	
INSUMOS					
Unid.	21 tal x 05 cart/tal	105	Unid. Cart.	0,3	31,5
Unid.	21 ful x 1ful/tal	21	Unid Ful	0,15	3,15
pie	21 pies guíax5'/tal	105	pies	0,037	3,89
AIRE COMPRIMIDO					
	1 maq x 125p3/min	125	p3/min		
	125p3/minx60min/hr	7500	p3/hr		
p3	7500p3/hrx3,5hr/gd	26250	p3/gd	0,0006	15,75
BARRENO					
gd	120pies/gdx0,95	114	pies/gd	0,095	10,83
	1000pies=95\$ -----				
ACEITE DE PERF.					
gl	0,14gl/gd	0,14	gl/gd	6,25	0,88
TUBERIA DE POLIET.					
	1,3m/gd	1,3	m/gd	5,5	7,15
SUB TOTAL				US \$/gd	73,14
				U \$/m	56,26
				US \$/TM	4,88

IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS

Unid	DESCRIPCIÓN	Precio Unid (\$)	Vida util (días)	Total (\$/día)	
Unid	04 Cascos	5,5	600	0,04	
par	04 pares de guantes	2,59	90	0,12	
par	04 Pares de Botas	12,9	90	0,57	
Unid	02 Ropa de Agua	55,6	90	1,24	
Unid	02 Picos	9,2	120	0,15	
Unid	02 lampas	10,2	90	0,23	
				US \$/día	2,34
				US \$/m	0,90
				US \$/*TM	0,078

RESUMEN DE COSTOS DE EXPLORACIÓN

RUBROS	US \$/TM	US \$/m
MANO DE OBRA	5,59	69,83
INSUMOS Y MATERIALES	4,88	56,26
IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS	0,078	0,90
TOTAL COSTO	10,54	126,99
5% IMPREVISTOS	0,53	6,35
COSTO DE EXPLORACIÓN	11,07	133,34

- Costo de preparación y desarrollo:** Según el plan de minado que planificamos, se debe de realizar un disparo por día siendo estos intercalados en chimenea y galerías también se considerará que en dos meses será posible avanzar 32.5m de 6'x7' de galería y 32.5m de 5'x7' de chimenea, considerando este planeamiento tendremos las siguientes condiciones:

32.5m GAL x 32.5m CHI x 1m Pot x 3.2 Densidad.

= 3,380 TM/02 Meses

Por tanto el valor Unitario será:

Galería 6'x7' = 133\$/m

Chimenea 5'x7' = 113\$/m (85%)

$$\frac{32,5 \times 133,34 + 32,5 \times 113}{2 \text{ meses}} = 4003,025 \text{ $/Mes}$$

Costo de preparación y desarrollo:

= (4003,025\$/Mes) / (750TM/Mes)

= 5,33 \$/TM

Por lo cual asumiremos que:

CF = 30% Costo de Preparación y Desarrollo

CF = 1,59 \$/TM

CV = 70% Costo de Preparación y desarrollo

CV = 3,74 \$/TM

- **costo de explotación:** La producción planificada inicialmente será de 30TM/día y descontando el mineral de las labores de preparación y desarrollo se tendrá:

Producción/Día = 30TM

Mineral Preparación y desarrollo = 8TM (60% material disparado)

Material de tajeo = 22TM/Día

Tabla N° 8: El costo de la explotación planificada

MANO DE OBRA		24/02/2016	
		Tipo de cambio (\$)	
		3,53	
Num	PERSONAL	JORNAL(\$./Día)	TOTAL \$/gd
1	Perforista	65	18,41
1	Ayudante Perforista	45	12,75
2	Lamperos - Volteador	35	9,92
2	carreros	25	7,08
		SUB TOTAL	48,16
		70% L:S	33,71
		TOTAL	81,87
		Costo \$/tm	totalx (nºgd/dias mes)
		Costo \$/tm	7,44

INSUMOS Y MATERIALES

Unid.	DESCRIPCIÓN Y CONSUMO		Precio Unitario (\$)	Total \$/gd	
INSUMOS					
Unid.	30 tal x 05 cart/tal	150	Unid. Cart.	0,3	45
Unid.	30 ful x 1ful/tal	30	Unid Ful	0,15	4,5
pie	30 pies guíax5'/tal	150	pies	0,037	5,55
AIRE COMPRIMIDO					
	1 maq x 125p3/min	125	p3/min		
	125p3/minx60min/hr	7500	p3/hr		
p3	7500p3/hrx3,5hr/gd	26250	p3/gd	0,0006	15,75
BARRENO					
gd	150pies/gdx0,95	142,5	pies/gd	0,095	13,54
	1000pies=95\$ -----				
ACEITE DE PERF.					
gl	0,14gl/gd	0,14	gl/gd	6,25	0,88
TUBERIA DE POLIET.					
	1,3m/gd	1,3	m/gd	5,5	7,15
SUB TOTAL				US \$/gd	92,36
				U \$/m	71,05
				US \$/TM	8,40

IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS

Unid	DESCRIPCIÓN	Precio Unid (\$)	Vida util (días)	Total (\$/día)	
Unid	06 Cascos	5,5	600	0,06	
par	06 pares de guantes	2,59	90	0,17	
par	05 Pares de Botas	12,9	90	0,72	
Unid	04 Ropa de Agua	55,6	90	2,47	
Unid	02 Picos	9,2	120	0,15	
Unid	02 lampas	10,2	90	0,23	
				US \$/día	3,80
				US \$/m	1,46
				US \$/*TM	0,173

RESUMEN DE COSTOS DE EXPLOTACIÓN

RUBROS	US \$/TM	US \$/m
MANO DE OBRA	7,44	81,87
INSUMOS Y MATERIALES	8,40	71,05
IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS	0,173	1,46
TOTAL COSTO	16,01	154,38
5% IMPREVISTOS	0,80	7,72
COSTO DE EXPLORACIÓN	16,81	162,10

Gastos generales mina

		24/02/2016	
		Tipo de cambio (\$)	
		3,53	
GASTOS GENERALES MINA			
Num	PERSONAL	Sueldo/Mes	TOTAL \$/Mes
1	Ingeniero de Minas	2500	708,22
1	Capitán de Mina	2000	566,57
2	Compresoristas	1300	368,27
1	bodeguero	900	254,96
2	Rancheros	800	226,63
		SUB TOTAL	2124,65
		70% L:S	1487,25
		US \$/Mes	3611,90
		US \$/TM	4,82

RESUMEN COSTO DE OPERACIÓN MINA

RUBROS	Costo parcial\$/TM
Exploración	11,07
Preparación y Desarrollo	5,33
Explotación	16,81
Gastos Generales Mina	4,82
SUB TOTAL	38,03
SUPERVISIÓN 5%	1,90
COSTO OPERACIÓN \$	39,93

COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

DESCRIPCIÓN	Precio Unit (\$)	Costo Parcial (\$)
Motor gasoliner 0,025gl	10,25	2,05
Aceite 1gl/Mes	18	0,024
	US \$/TM	2,074
	10% INPREVISTOS	0,2074
	US \$/TM	2,2814

RESUMEN

RUBROS	COSTO PARCIAL
Mano de Obra	1,28
mantenimiento	2,2814
US \$/TM	3,57

Costo de mantenimiento de carretera

		24/02/2016	
		Tipo de cambio (\$)	
MANO DE OBRA		3,53	

Num	PERSONAL	jornal/Día	TOTAL \$/Mes
1	Capataz	40	283,29
3	lamperos	25	177,05
SUB TOTAL			460,34
70% L:S			322,24
US \$/Mes			782,58
US \$/TM			1,04

IMPLEMENTOS Y HERRAMIENTAS

Unid	DESCRIPCIÓN	Precio Unid (\$)	Vida util (días)	Total (\$/día)
Unid	04 Cascos	5,5	600	0,06
par	04 pares de guantes	2,59	90	0,17
par	04 Pares de Botas	12,9	90	0,72
Unid	02 Picos	9,2	120	0,15
Unid	02 carretillas	92	720	0,26
Unid	02 lampas	10,2	90	0,23
US \$/día				1,58
US \$/m				0,61
US \$/*TM				0,053

RESUMEN COSTOS DE MANTENIMIENTO DE CARRETERA

RUBROS	COSTO PARCIAL
Mano de Obra	1,04
mantenimiento	0,053
TOTAL US \$/TM	1,10

Costo de tratamiento metalúrgico

Para el presente planeamiento de operaciones y beneficio del mineral se considerará \$/. 65.00 dólares americanos por tonelada a procesar.

Gastos de transporte de concentrado

Para el efecto se considerarán los precios de mercado existentes en Huaraz.

Costos = 13,5\$ / Ratio de Concentración promedio

Costos = 13,5\$ / 9.85

Costos = 1,370\$/TM

Gastos generales lima

MANO DE OBRA CALIFICADA		24/02/2016	
		Tipo de cambio (\$)	
		3,53	
Num	PERSONAL	Sueldo/Mes	TOTAL \$/Mes
1	Gerente general	2500	708,22
1	Gerente de Operac.	2000	566,57
1	Secretaria	900	254,96
1	Chofer	850	240,79
SUB TOTAL			1770,54
70% L:S			1239,38
US \$/Mes			3009,92
US \$/TM			4,01

RESUMEN GASTOS GENERALES LIMA	
RUBROS	COSTO PARCIAL
Mano de Obra	4,01
TOTAL US \$/TM	4,01

Fuente: El Tesista

4.5. *Calculo de la explotación económica.*

El cálculo de la explotación económica se ha realizado en un minucioso análisis de los costos fijos y variables el cual tiene como resumen el siguiente cuadro:

Tabla N° 9: Resumen de costos de operación para 30 TM.

RESUMEN DE COSTOS DE OPERACIÓN 30 TM			
COSTOS	FIJO	VARIABLE	TOTAL
Exploración	2,55	8,52	11,07
Preparación y Desarrollo	1,66	3,67	5,33
Explotación	6,16	10,65	16,81
Generales Mina	4,82	0	4,82
Transporte mina - Planta	0,4	4,1	4,5
Mantenimiento Carretera	0,83	0,27	1,1
Beneficio	41	2	43
Transporte Concentrado	0	1,37	1,37
TOTAL US \$/TM	57,42	30,58	88,00

Fuente: El tesista

4.5.1. Valor neto de 1 TM de mineral de cabeza.

Es el valor neto del mineral de cabeza luego de sacar todos los gastos.

Tabla N° 10: Valor neto de una TM de mineral de cabeza.

COSTO MINA	
DESCRIPCION	COSTO \$/TM
Exploración	11.07
Preparación y desarrollo	5.33
Explotación	16.81
Mantenimiento	1.10
Manejo ambiental y responsabilidad social	4.82
TOTAL	39.13 \$/TM
Flete de 1 tm de mineral de cabeza	= 1.370 US\$/TM
Costo flete de mina a planta	= 4.500 US\$/TM
Costo mina	= 39.130 US\$/TM
Costo planta	= 43.000 US\$/TM
COSTO TOTAL	= 88.000 US\$/TM

Valor de mineral de cabeza = 264.464 US\$/TM

Valor de 1 tm de mineral de cabeza en mina = 176.464 US\$/TM

Fuente: el Tesista

4.5.2. Calculo de la ley mínima expotable (CUT OFF).

Llamado también la ley mínima de corte o CUT OFF, es un parámetro económico dinámico fundamental cuyo valor expresado en leyes de mineral representa el equilibrio económico de la explotación del yacimiento, es decir en este punto se verifica que los ingresos brutos por venta de concentrado son iguales a los costos totales de un proceso operativo.

Económicamente permite elegir la mejor alternativa de minado en caso de proyectos mineros, y se calcula por la siguiente relación matemática:

$$\text{CUT - OFF} = \text{Ley de Cabeza} \times \frac{\text{Costo Total Unitario \$/Tm}}{\text{Utilidad Neta Unitaria \$/Tm}}$$

Leyes de cabeza:

✓ $\text{Ag} = 4.86 \text{ Onz/Tc}$

✓ $\text{Pb} = 5.87 \%$

✓ $\text{Zn} = 6.39 \%$

Utilidad Neta Unitaria = 176.464 \$/TM

Costo total = 88.000 \$/TM

CUT OFF (Ag) = 4.86 x (88/176.464) = 2.42 Onz Ag/Tc

CUT OFF (Pb) = 5.87 x (88/176.464) = 2.92% Pb

CUT OFF (Zn) = 6.39 x (88/176.464) = 3.18 % Zn

Para una producción de 30TMD

El estudio se realizará para un yacimiento polimetálico.

4.6. Evaluación económica del proyecto.

4.6.1. Parámetros de evaluación.

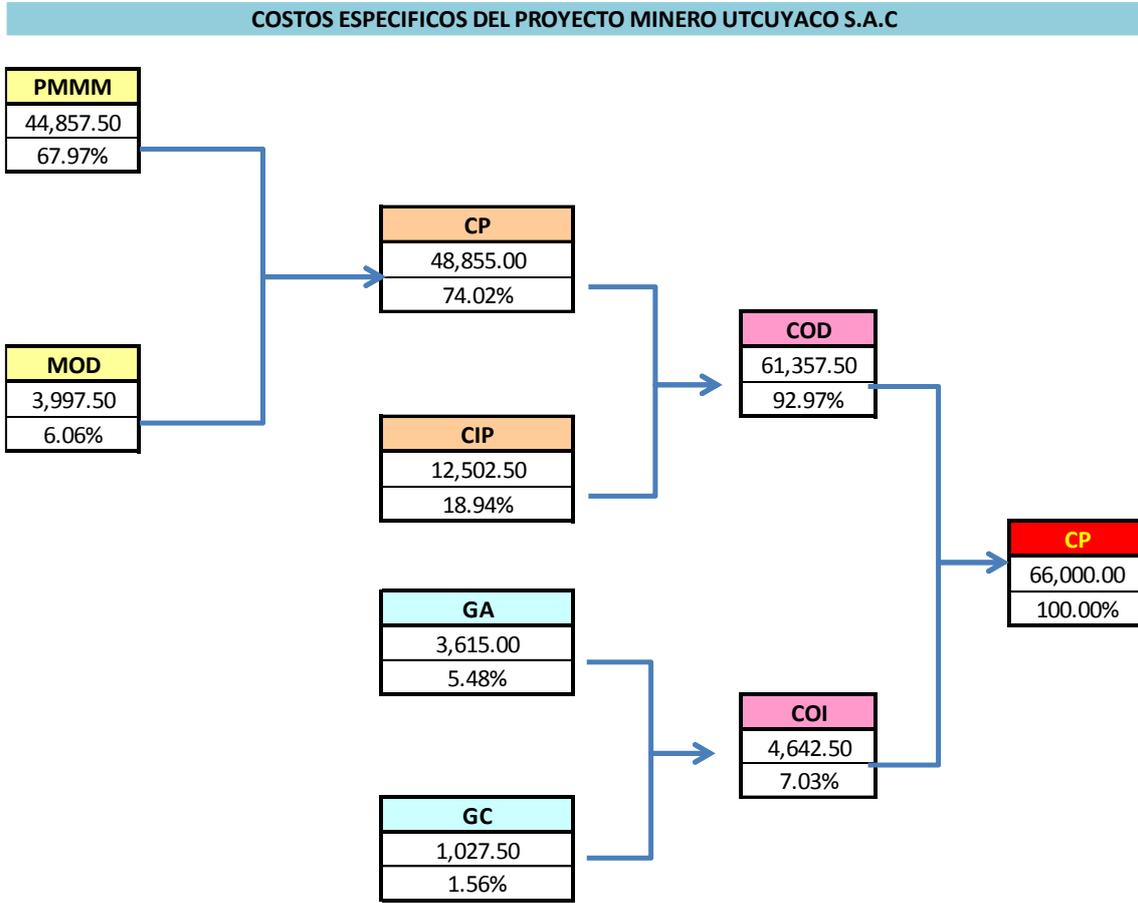
Inversión e Ingresos Económicos Proyectados

Tabla N° 11: Tabla Presupuesto de inversión para extraer 1tm de mineral

PMMM	=	59.81	US\$/TM
MOD	=	5.33	US\$/TM
CP	=	65.14	US\$/TM
CIP	=	16.67	US\$/TM
GA	=	4.82	US\$/TM
GC	=	1.37	US\$/TM
COD	=	81.81	US\$/TM
COI	=	6.19	US\$/TM
CP	=	88.00	US\$/TM
PMMM	Proceso minero metalúrgico del mineral		
MOD	Mano de obra directa		
CP	Costo primo		
CIP	Costo indirecto de procesamiento		
GA	Gastos administrativos		
GC	Gastos de comercialización		
COD	Costo de operación directa		
COI	Costo de operación indirecta		
CP	Costo de producción		
Presupuesto de inversión para 1 mes			
Producción diaria	=	30	TMD
N° días al mes	=	25	Días/mes
PMMM	=	44,857.50	US\$
MOD	=	3,997.50	US\$
CP	=	48,855.00	US\$
CIP	=	12,502.50	US\$
GA	=	3,615.00	US\$
GC	=	1,027.50	US\$
COD	=	61,357.50	US\$
COI	=	4,642.50	US\$
CP	=	66,000.00	US\$

Fuente: El tesista

Tabla N° 12: Costo específicos del proyecto minero Utcuyacu



DONDE

PMMM	Proceso minero metalúrgico del mineral
MOD	Mano de obra directa
CP	Costo primo
CIP	Costo indirecto de procesamiento
GA	Gastos administrativos
GC	Gastos de comercialización
COD	Costo de operación directa
COI	Costo de operación indirecta
CP	Costo de producción

Fuente: El tesista

4.6.2. Análisis De Costos (Costo Fijo y Costo Variable).

Tabla N° 13: Resumen de costos de operación 30 TM

COSTOS	FIJO	VARIABLE	TOTAL
Exploración	2.55	8.52	11.07
Preparación y Desarrollo	1.66	3.67	5.33
Explotación	6.16	10.65	16.81
Generales Mina	4.82	0.00	4.82
Transporte mina - Planta	0.40	4.10	4.50
Mantenimiento Carretera	0.83	0.27	1.10
Beneficio	41.00	2.00	43.00
Transporte Concentrado	0.00	1.37	1.37
TOTAL US \$/TM	57.42	30.58	88.00

Fuente: El tesista

Tabla N° 14: Ingreso económico proyectado en 1 año

VALOR DE 1 TM DE MINERAL DE CABEZA EN MINA	=	176.464	US\$/TM
VALOR DE MINERAL DE CABEZA	=	264.464	US\$/TM
Producción diaria	=	30	TMD
N° días al mes	=	25	Días/mes
INGRESO BRUTO	=	2,380176.000	US\$
PRESUPUESTO DE INVERSION	=	792,000.000	US\$
INGRESO NETO	=	1,588176,000	US\$

Fuente: El tesista

4.6.3. Indicadores económicos.

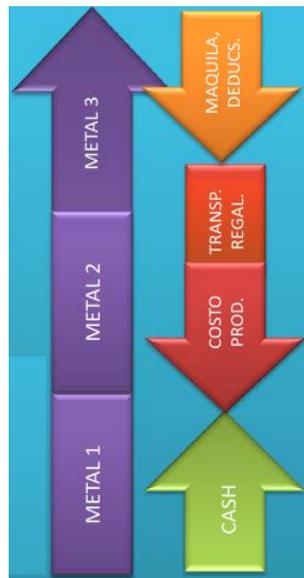
4.6.3.1 Cash Cost.

El Cash Cost el costo total, expresado en unidades de metal principal, en que se incurre para transformar el metal contenido en el mineral en un producto refinado.

Al comparar el Cash Cost con la cotización internacional del metal, se puede determinar si la empresa está generando caja o no.

El Cash Cost es la suma de todos los costos en efectivo de la operación: Los costos de producción, tratamiento, fundición y refinación por unidad de metal principal. También incluye el costo del transporte. Se expresa en US\$/Unidad de metal principal.

Representación matemática: Es la siguiente



$$\text{PAGO METAL 1} + \text{METAL 2} + \text{METAL 3} - [\text{Maquila} + \text{Deducs} + \text{Cto Prod Cash} + \text{Trans}] = \text{CAJA}$$

$$\text{PAGO METAL 1} = \text{Maquila} + \text{Deducs} + \text{Gastos Oper} + \text{Trans} - \text{METAL 2} - \text{METAL 3} + \text{CAJA}$$

Figura N° 3: Ubicación Política del proyecto minero Utcuyacu.
Fuente: Ruiz, 2010.

$$\text{Ley1} * \text{F1} * \text{Ctz1} = \text{Maquila} + \text{Deducs} + \text{Gastos Oper} + \text{Trans} - \text{METAL 2} - \text{METAL 3} + \text{CAJA}$$

→ ¿A QUÉ PRECIO DEL METAL 1, LA CAJA SE HACE CERO (0)?

A ESE PRECIO SE LE CONOCE COMO CASH COST (CTZ1).

4.6.3.2 Valor Actual Neto Económico (VANE)

Conocida también como valor presente neto (VPN), se define como la diferencia de la sumatoria de los beneficios actualizados y los costos actualizados a una tasa de interés fijo predeterminado. También se define como la sumatoria de los beneficios netos anuales generados por el proyecto, actualizados a una tasa de interés predeterminado pertinente a cada año.

REPRESENTACIÓN MATEMÁTICA: Es el siguiente

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^N \frac{B - C}{(1 + i_t)^t}$$

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^n \frac{BN}{(1 + i_t)^t}$$

Dónde:

- ✓ I_0 = Inversión Inicial
- ✓ B = Beneficio bruto en el horizonte (t)
- ✓ C = Costo del proyecto en el horizonte (t)
- ✓ BN = Beneficio Neto en el horizonte (t)
- ✓ i_t = tasa de rendimiento requerida
- ✓ t = horizonte del proyecto (tiempo)

Cuando:

1. **$VAN > 0$** , se da por aceptado el proyecto y se recomienda su ejecución inmediata.

2. **VAN= 0**, permanece postergado por lo que se recomienda examinar otras variables para justificar su ejecución.
3. **VAN<0**, Se desecha el proyecto.

Este indicador nos permite seleccionar con exactitud un proyecto óptimo mutuamente excluyente.

Proporciona una base más correcta para evaluar proyectos de inversión, podemos llegar a la conclusión que el VAN es el más apropiado para la evaluación económica (> aporte propio).

4.6.3.3 Tasa Interna De Retorno Económico (TIRE)

Llamada también tasa financiera de rendimiento o tasa de retorno efectivo. Es aquella tasa de descuento tal como “i” para lo cual el valor actual Neto (VAN) resulta igual a cero.

$$VAN = I_0 + \sum_{t=0}^N \frac{B - C}{(1 + i_t)^t}$$

Si definimos que $i = r$ es la TIR y r la rentabilidad mínima, es aceptable en el capital bancario. Cuando:

1. **$i > r$** , equivale a decir que el interés es equivalente sobre el capital que el proyecto genera, es superior al interés mínimo aceptable del capital bancario. En este caso el proyecto es positivo, óptimo o aceptable por lo que se recomienda su inmediata ejecución.
2. **$i = r$** : el proyecto es indiferente ya que su costo de oportunidad iguala al costo de capital bancario.

3. **$i < r$** : el costo de oportunidad de capital es inferior al costo de capital bancario,

Es un método que introduce el concepto del valor del dinero en el tiempo.

Es un indicador apropiado para seleccionar proyectos mutuamente excluyentes desde el punto de vista de la financiación

Existen algunos proyectos que tienen varios TIR (casos especiales) como el siguiente: Proyectos que tienen 2 o más finalidades ejem: si se construye una represa para irrigación, la corriente de agua para obtener energía eléctrica y parte de ella para agua potable, es decir el proyecto en el horizonte de planeamiento presenta flujos positivos y negativos en forma alternada.

La tasa interna de retorno se calcula en forma manual con la siguiente fórmula:

$$TIR = i_1 + \frac{VAN_i(i_2 - i_1)}{VAN_i + VAN_j}$$

Dónde:

- ✓ i_1 = tasa de actualización baja
- ✓ i_2 = tasa de actualización alta
- ✓ VAN_i = VAN positivo
- ✓ VAN_j = VAN negativo.

4.6.3.4 Coeficiente De Beneficio / Costo Económico (B/CE)

Es el cociente que resulta de dividir la sumatoria de los beneficios actualizados entre la sumatoria de los costos actualizados a una tasa de interés predeterminada.

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i_t)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i_t)^t}}$$

Cuando:

1. **B/C > 1**; se acepta y se recomienda su ejecución
2. **B/C = 1**; es indiferente aceptar o rechazar
3. **B/C < 1**; la regla de decisión es desechar el proyecto

La vida del proyecto es de tres años.

Este indicador no es totalmente confiable como herramienta de decisión, porque puede resultar ofreciendo valores iguales para proyectos cuyos valores actuales netos son sumamente distintos, pues describen beneficios netos unitarios, pero no dicen nada acerca de la totalidad de los beneficios netos producidos por el proyecto

4.6.4. Cálculo de indicadores económicos

4.6.4.1. Cash Cost

Maquila: 320 US\$/TMS

Deducciones: 86.919 US\$/TMS

Gastos Operativos:

- Mineral de Ag: 1904.208 US\$/TMS
- Mineral de Zn: 988.530 US\$/TMS

Metal 2:

- Concentrado Ag: 60.91Onz/TM
- Factor pagable: 0.95
- Cotización: 16.35US\$/Onz

Metal 3:

- Concentrado Zn: 51.57%
- Factor pagable: 0.85
- Cotización: 2910.600US\$/TMS

$$\text{Pago Met 1} = \text{Maquila} + \text{Deducciones} + \text{Gastos Oper} - \text{Metal2} \\ - \text{Metal3}$$

$$F1 * \text{Ley1} * \text{Ctz1}$$

$$= 420 + 86.919 + (1904.208 + 988.530)$$

$$- (60.91 * 0.95 * 16.35) - ((51.57 * 0.85)2910.600)/100$$

$$0.95 * \text{Ley1} * \text{Ctz1}$$

$$= 420 + 86.919 + (2891.865) - (946,08) - (1275,84)$$

$$0.95 * \left(\frac{59.81\%}{1} \right) * \left(\frac{1\%}{100\%} \right) * \text{Ctz1} = 757.424$$

$$\text{Ctz1} = \text{CASH COST} = 2071.232 \frac{\text{US\$}}{\text{TM Pb}}$$

4.6.4.2. VAN.

Inversión inicial: 792,000.00 US\$

Tamaño del proyecto: 3 años

1^{er} año: 1'573,194.92 US\$

2^{do} año: 1'887,833.90 US\$

3^{er} año: 2'202,472.88 US\$

Rendimiento mínimo: 19.6 %

$$VAN = \left(1'573,194.92 * \frac{1}{1 + 0.196}\right) + \left(1'887,833.90 * \frac{1}{(1 + 0.196)^2}\right) + \left(2'202,472.88 * \frac{1}{(1 + 0.196)^3}\right) - 792,000$$

$$VAN = 3'131,539.75$$

El VAN es positivo, en consecuencia, el proyecto es rentable con el rendimiento mínimo de 19.6%, la recomendación técnica es que se invierta.

4.6.4.3. TIR.

$$TIR \rightarrow 0 = \left(1'573,194.92 * \frac{1}{1 + 1.85}\right) + \left(1'887,833.90 * \frac{1}{(1 + 1.85)^2}\right) + \left(2'202,472.88 * \frac{1}{(1 + 1.85)^3}\right) - 792,000$$

$$TIR = 87,670.39$$

$$TIR \rightarrow 0 = \left(1'573,194.92 * \frac{1}{1 + 2.10}\right) + \left(1'887,833.90 * \frac{1}{(1 + 2.10)^2}\right) + \left(2'202,472.88 * \frac{1}{(1 + 2.10)^3}\right) - 792,000$$

$$TIR = -14,139.75$$

$$\frac{185\% - 210\%}{87,670.39 - (-14,139.75)} = \frac{185\% - TIR}{87,670.39 - 0} \rightarrow TIR = 206\%$$

El TIR es aproximado a cero al 206% por lo que le 206% es la TIR, en consecuencia, si se debe invertir.

4.6.4.4. B/C.

$$B/C = \frac{\left(1'573,194.92 * \frac{1}{1+0.196}\right) + \left(1'887,833.90 * \frac{1}{(1+0.196)^2}\right) + \left(2'202,472.88 * \frac{1}{(1+0.196)^3}\right)}{792,000.00}$$

$$B/C = 4.95$$

El indicador es mayor que la unidad lo que nos permite aceptar el proyecto porque es rentable.

4.7. *Discusión de resultados*

De los resultados obtenidos tenemos:

1. El Cash Cost es de 2071.232 US\$/TM Pb, y comparando con la cotización internacional del metal (Cotización Pb = 2403.0 US\$/TM Pb) es menor nuestro Cash Cost, lo que significa que la empresa está generando caja.
2. El VAN es positivo, en consecuencia el proyecto es rentable con el rendimiento mínimo de 19.6%, la recomendación técnica es que se invierta. (VAN=3'131,539.75)
3. >El VAN es aproximado a cero al 206% por lo que el 206% es la TIR, en consecuencia, si se debe invertir.
4. La relación B/C, indicador que es mayor que la unidad lo que nos permite aceptar el proyecto porque es rentable. (B/C=4.95)

Con los indicadores económicos se determina que el proyecto minero Utcuyacu

ES RENTABLE.

CONCLUSIONES.

1. El Cash Cost es de 2071.232 US\$/TM Pb, y comparando con la cotización internacional del metal (Cotización Pb = 2403.0 US\$/TM Pb) es menor nuestro Cash Cost, lo que significa que la empresa está generando caja.
2. El VAN es positivo, en consecuencia el proyecto es rentable con el rendimiento mínimo de 19.6%, la recomendación técnica es que se invierta. (VAN=3'131,539.75)
3. >El VAN es aproximado a cero al 206% por lo que el 206% es la TIR, en consecuencia, si se debe invertir.
4. La relación B/C, indicador que es mayor que la unidad lo que nos permite aceptar el proyecto porque es rentable. (B/C=4.95)
5. Del análisis económico, con los precios actuales de los metales podemos concluir que el proyecto es técnicamente viable y económicamente rentable.
6. La evaluación es para una producción inicial de 30TMD, pero podemos afirmar que a un ritmo de producción mayor la rentabilidad del proyecto puede ser más expectante.
7. El Proyecto minero Utcuyacu es básicamente un yacimiento del tipo polimetálico.
8. El método de explotación a utilizar será el de corte y relleno ascendente (Variedad Circado), por las condiciones geomecánicas que se presenta.

RECOMENDACIONES

1. Realizar programas continuos de exploración ya que sólo nos basamos en reservas probadas y probables.
2. Se deberá de realizar labores de pallaqueo antes de enviar el mineral a la planta de beneficio.
3. Realizar continuamente estudios al macizo rocoso para controlar la estabilidad de nuestras labores subterráneas.
4. Realizar continuamente un análisis granulométrico de los disparos para determinar la malla óptima de disparo para reducir costos indirectos de voladura secundaria o pérdida de tonelajes por los finos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cortez Á. A. y Gallardo A. B. (1998). "Texto guía Proyecto Minero y Economía Minera"*
Universidad de la Serena – Vice rectoría Académica – Dirección de Docencia.
- Departamento de Geología, A. (2014). Evaluación Geológica del proyecto minero*
Arequipa "M" . Vicos, Distrito de Marcara - Carhuaz.
- E. Hoek y E. T. Brown. (1985). excavaciones Subterráneas. Mexico.*
- La Cruz, H.J. (2012). Informe tecnico de la consecion minera Minas Utcuyacu JLC. Catac*
- Perú.
- Romero, V. W. (2004). Tesis Evaluación técnico - Económico de la mina "NUNCIA",*
Universidad Nacional, Santiago Antúnez de Mayolo. Facultad de Ingeniería de
Minas, Geología y Metalurgia, EFPIM. Huaraz - Perú.
- Ruiz C. A. (2010). "Economía Minera". Facultad de Ingeniería de Minas, Geología y*
Metalurgia – Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo. Huaraz - Perú.
- Vives, A. A. (2015). Tesis evaluación técnica y económica de una mina subterránea*
utilizando relleno cementado, Universidad de Chile, FCFYM. DIM. Santiago de
Chile.

ANEXOS

