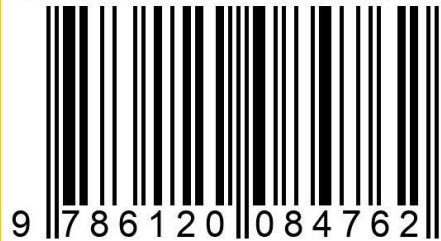


Estimación de costos e inversión de capital es un libro que hará comprender y apreciar la importancia de las decisiones de inversión, creación de valor y evaluación de proyectos. Además, enseña a utilizar e interpretar las diferentes herramientas de control y gestión de inversiones. Por otro lado, desarrolla capacidades de análisis crítico, creativo y constructivo de los diferentes conceptos, metodologías y criterios utilizados en la toma de decisiones de inversión. Finalmente, permite conocer y aplicar herramientas de gestión de proyectos para la estimación de métricas asociadas a la implementación práctica de proyectos mineros.

ISBN: 978-612-00-8476-2



Marco A. Cotrina Teatino

Estimación de costos e inversión de capital

ESTIMACIÓN DE COSTOS E INVERSIÓN DE CAPITAL

Marco A. Cotrina Teatino

ESTIMACIÓN DE COSTOS E INVERSIÓN DE CAPITAL



Marco A. Cotrina Teatino

Título: Estimación de costos e inversión de capital

Autor: **Marco Antonio Cotrina Teatino**

Editor:

Marco Antonio Cotrina Teatino

Jr. Marco del Pont 1754 – La Esperanza – Trujillo – La Libertad – Perú.

Primera edición digital, marzo 2023

ISBN 9786120084762

Depósito Legal N° 2023 - 01631

Publicación digital disponible en: <https://github.com/Cotrina1/Estimacion-de-costos-e-inversion-de-capital>

Resumen

Este libro describe la estimación de costos e inversión de capital en proyectos mineros, incluyendo métodos para estudiar tanto la minería superficial como la subterránea. También se discuten los costos operativos y criterios económicos para evaluar la viabilidad de un proyecto, como el TRI, VAN, PVR, TIR y ROI.

El libro está organizado en 11 capítulos. En el primero, se explica la estimación de costos y la cartera de proyectos de construcción en Perú. En el segundo, se presentan los tipos de estimación y las etapas básicas según Mackellar y Grenty. En los siguientes capítulos se detallan los métodos de estimación, la estimación de costos de capital y los modelos completos de estimación. También se explica el modelo O'Hara para proyectos de minería y se discuten los proyectos mineros de inversión y la determinación de la tasa de actualización. En el décimo capítulo, se discuten criterios de evaluación, como la rentabilidad interna y el valor actual neto. Finalmente, el capítulo once trata todo lo relacionado con el metal streaming, desde su historia hasta sus condiciones para un contrato y su aplicación en proyectos mineros. El libro concluye con una lista de referencias bibliográficas utilizadas.

1. Introducción	1
2. Marco teórico	2
2.1. Estimación de costos	3
2.1.1. Cartera de proyectos de construcción de minas en el Perú	4
2.2. Tipos de estimación de costos	8
2.3. Métodos de estimación de costos	10
2.4. Estimación de Inversiones o costos de capital	11
2.4.1. Método de mesa la redonda	11
2.4.2. Método de inversión específica o costo unitario	11
2.4.3. Método del índice de facturación	12
2.4.4. Método de ajuste de potencia exponencial	13
2.4.5. Costo del equipo	14
2.4.6. Método del índice de costo	18
2.4.7. Método de índice de costo de equipo	18
2.4.8. Método de estimación del índice de costos	19
2.4.9. Estimación detallada	20
2.4.10. Imprevistos	21
2.4.11. Ingeniería	21
2.4.12. Estimación de los costos de operativos	21
2.5. Modelos completos de estimación de costos	23
2.6. Costos de capital	23
2.7. Modelo de O'HARA	24

2.7.1.	Mina a cielo abierto	25
2.7.2.	Proyectos de minas a cielo abierto	27
2.7.3.	Proyectos de minas subterránea	28
2.8.	Los proyectos mineros de inversión	30
2.8.1.	La inversión en la empresa	30
2.8.2.	La inversión de una compañía minera	31
2.8.3.	Tipos de inversiones	31
2.8.4.	El perfil de inversión de un proyecto	32
2.9.	Determinación de la tasa de actualización	33
2.10.	Criterios de evaluación	34
2.10.1.	Rentabilidad interna “TRI”	34
2.10.2.	Valor Actual Neto “VAN”	35
2.11.	Metal streaming	42
2.11.1.	Reseña histórica del Metal Streaming	42
2.11.2.	Metal streaming o pagos de producción volumétrica (VPP)	43
2.11.3.	Ventajas de un contrato metal streaming:	43
2.11.4.	Desventajas de metal streaming “MS”	44
2.11.5.	Condiciones para un contrato metal streaming	45
2.11.6.	Compañías en el mundo que tienen un contrato metal streaming	46
2.11.7.	Contratos metal streaming por commodities en el mundo (%)	47
2.11.8.	Wheaton Precious Metals	47
2.11.9.	Proyecto minero cotabambas	48

2.11.10.	Mina Constancia	48
2.11.11.	Unidad minera cerro lindo.	48
3.	Referencias bibliográficas	49

1. Introducción

Los costos operativos son muy variables y presentan desafíos, debido a los procesos de producción son complicados por la diversidad de operaciones y es difícil de controlarlos dentro del ámbito de la extracción.

Estimar estos costos requiere tomar en cuenta los factores que perjudiquen los componentes de los costos, incluida la producción esperada en planta y equipo, así como las variables geológicas, mineras y mineralurgias.

Los modelos de decisión de inversión se aplican indistintamente a la evaluación de inversiones públicas y privadas, pero debe recordarse que el objetivo final de una empresa privada es aumentar las propias empresas, y en esta área la teoría de la inversión debe ser racionalmente económica aplicando perspectivas de inversión.

2. Marco teórico

2.1. Estimación de costos

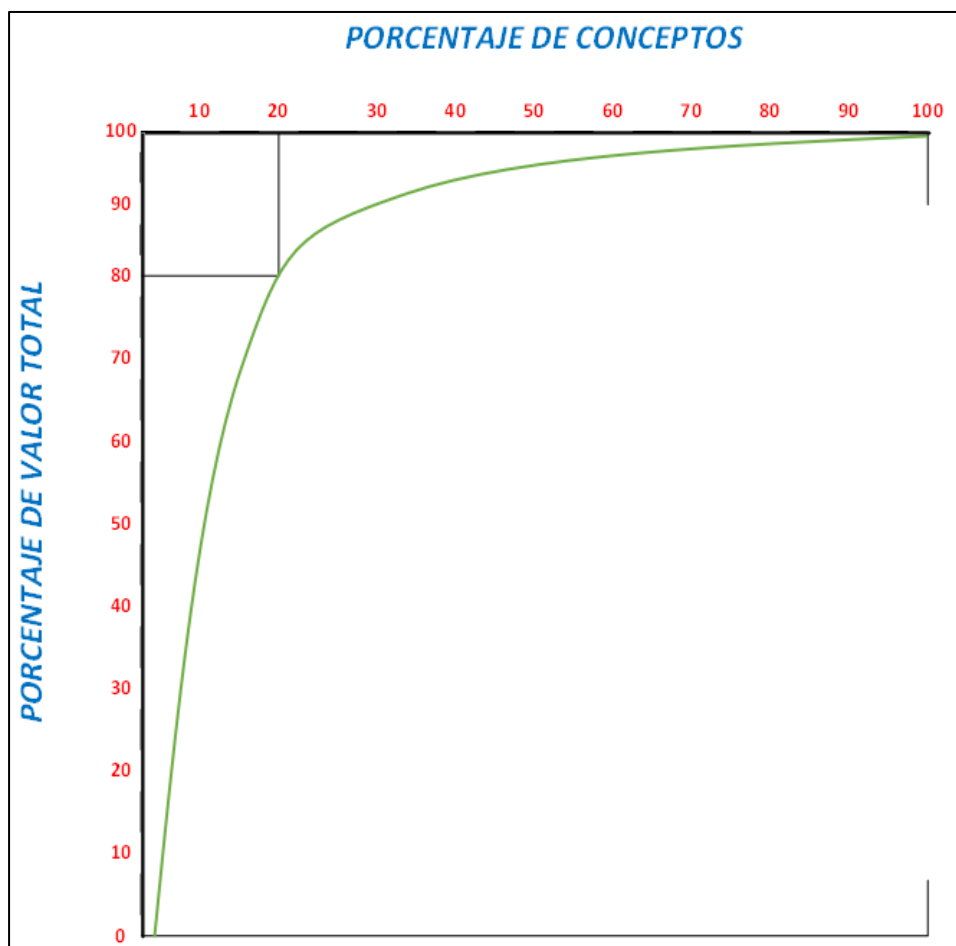
La estimación del capital y los costos para un proyecto minero propuesto a menudo se requiere después de que se determinen las reservas de mineral, pero previo a que se asignen costos de capital significativos para la exploración detallada, el diseño de la mina y el enfoque de estudio a la metalúrgica detallada y el diseño general de la planta.

Toda actividad que se realice, en la industria y metalúrgica, que satisfaga una necesidad del mercado mediante la venta de uno o más servicios metálicos por un monto superior al costo de producción, de tal forma que volverse rentable. Identificar los costos de inversión, siendo primordial para una buena gestión empresarial.

Al estimar el costo de la minería, es importante determinar los principios de composición de esta. Esto es fácil si la empresa minera hace su propia investigación sobre la viabilidad de un proyecto y tiene datos históricos bien estructurados y analizados de otras operaciones similares. De lo contrario, el primer paso sería identificar los componentes básicos del costo para la estimación. En este sentido, se debe tener en cuenta la llamada ley de Pareto, que determina cualquier distribución global debe tener efectos variables sobre los costos, alrededor del 20% de los conceptos clave generan el 80% del impacto total sobre dichos costos.

➤ Ley de Pareto

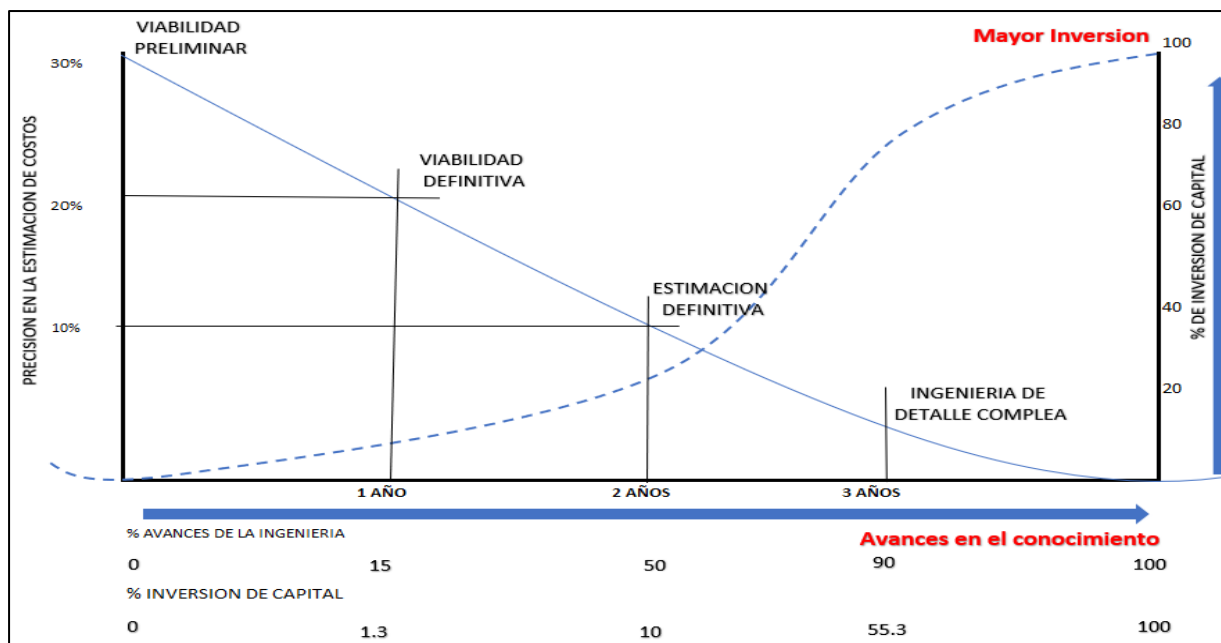
Se le conoce también como la ley del mínimo esfuerzo en la cual consiste que el 80 % de resultados está en función al 20 % de las acciones o esfuerzos.

Figura 1*Ley de Pareto*

Porcentaje de esfuerzos y resultados. Adaptada Ley de Pareto, Vilfredo Pareto, 1896,([Ley de Pareto 80/20 | Blog Becas Santander \(becas-santander.com\)](#)).

Figura 2

Precisión de los costos estimados e inversión del proyecto



(Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones |

Minería (scribd.com).

2.1.1. Cartera de proyectos de construcción de minas en el Perú

El MINEM, a través de la Dirección General de Fomento y Minería, nos facilita la cartera de proyectos 2021, documento informativo que en esta edición incluye proyectos mineros con una inversión total de US\$ 53 168 millones (Minas, 2021).

Tabla 1*Proyectos de minas en Perú*

INICIO DE CONSTRUCCIÓN	PUESTA EN MARCHA	PROYECTO	OPERADOR	REGIÓN	PRODUCTO PRINCIPAL	ETAPA DE AVANCE	INVERSION GLOBAL US\$ MILLONES
2018	2022	Quellaveco	Anglo American Quellaveco	Moquegua	Cobre	Construcción	5300
2018	2023	Ampliación Toromocho	Mineral Chinalco Perú S. A	Junín	Cobre	Construcción	1355
2021	2023	Ampliación Shouxin	Minera Shouxin S A	Ica	Hierro	Construcción	140
2022	2023	Optimización Inmaculada	Compañía Minera Ares SAC	Ayacucho	Oro	Factibilidad	136
2022	2023	Chacobamba Etapa I	Minera las Bambas SA	Apurímac	Cobre	Factibilidad	417
2022	2024	San Gabriel	Compañía de Minas Buenaventura SAA	Moquegua	Oro	Factibilidad	422
2022	2024	Planta de Cobre Rio Seco	Procesadora Industrial Rio Seco SA	Lima	plata	Factibilidad	410

Nota: <http://www.minem.gob.pe/index.php>

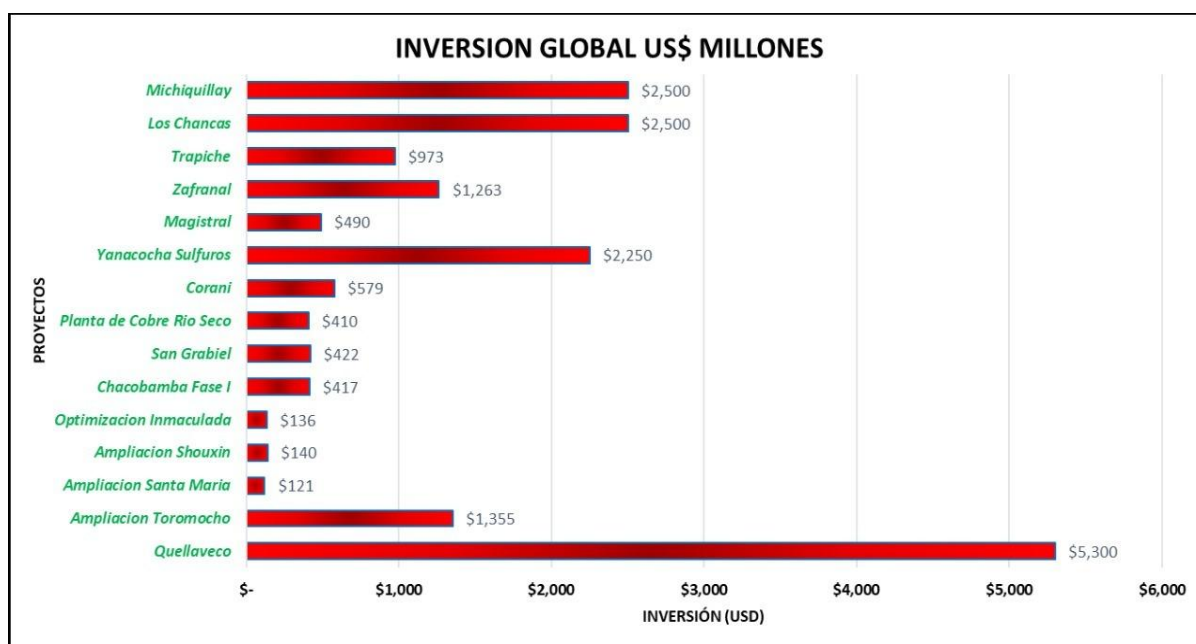
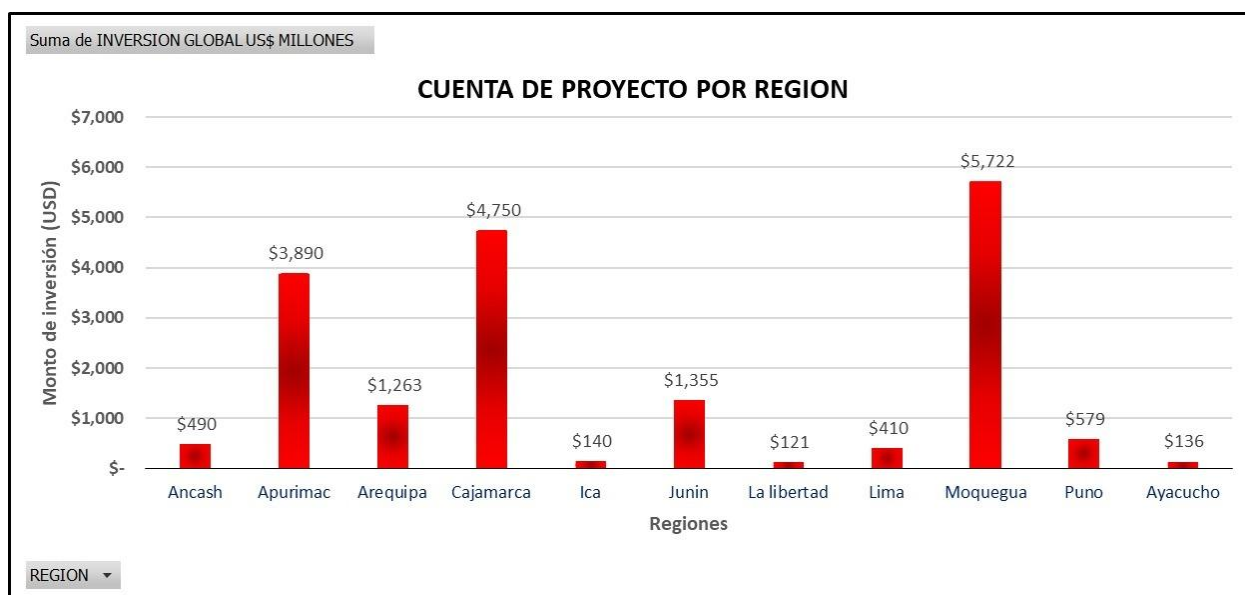
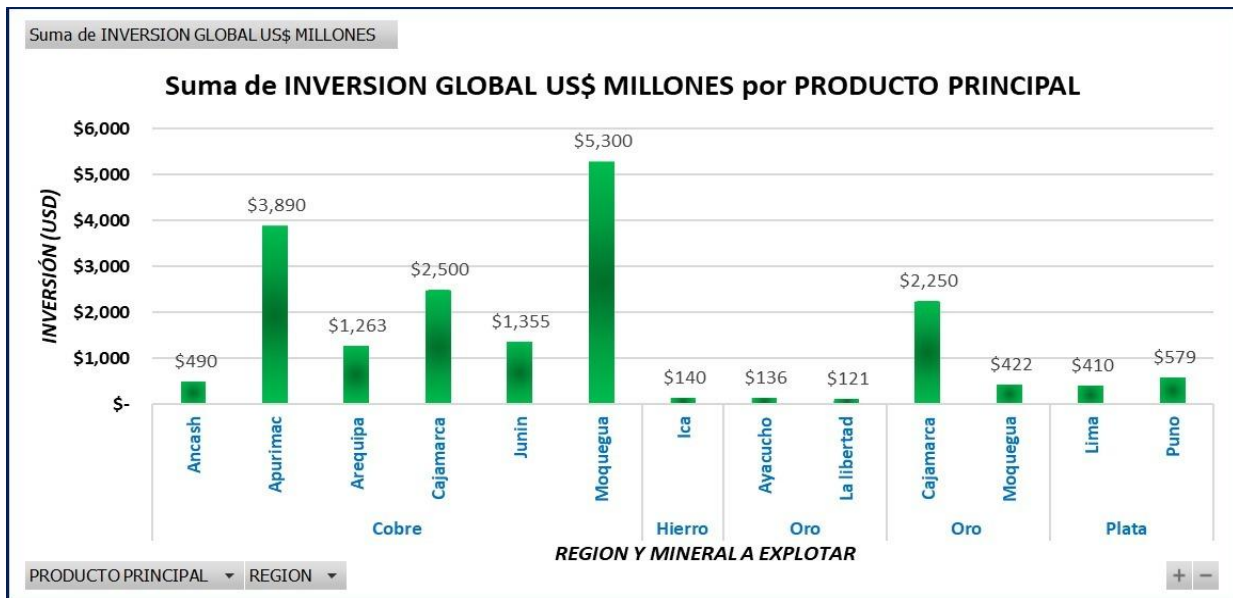
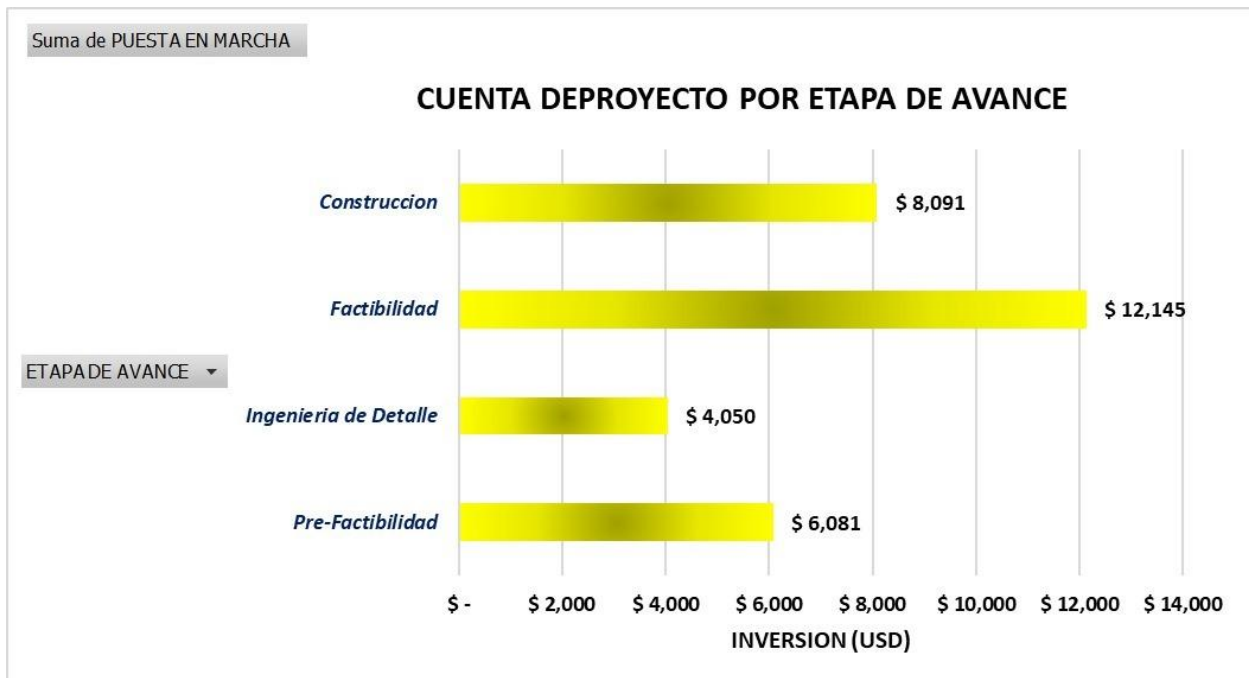
Figura 3*Inversiones de proyectos mineros en el Perú***Figura 4***Regiones que tiene proyectos mineros*

Figura 5*Proyectos en regiones del Perú y metales de extracción***Figura 6***Avance de proyectos en base a sus inversiones*

2.2. Tipos de estimación de costos

Existen diferentes autores e instituciones de clasificar a los costos estimados de las cuales detallaremos a continuación:

2.2.1.1. Tipos de estimación según: La Asociación para el avance de la ingeniería de costos (AACE)

Orden de magnitud: Se basa únicamente de datos obtenidos de proyectos precedentes que tuvieron una magnitud y alcance similar, debido al bajo conocimiento que se tiene el estimador no supera el $\pm 30\%$ de precisión.

Estimación proporcional: Se basa principalmente del costo de capital de los equipos primarios, mientras que los equipos secundarios se obtienen como un porcentaje del equipo primario. Las estimaciones tienen $\pm 30\%$ de precisión.

Autorización presupuesto preliminar: Se realiza con antecedentes actualizados del proyecto, con una precisión de estimación del $\pm 20\%$.

Definitiva (Control del Proyecto): Se basa principalmente de datos complejos de algunos esbozos y planos técnicos incompletos. La precisión es de $\pm 10\%$.

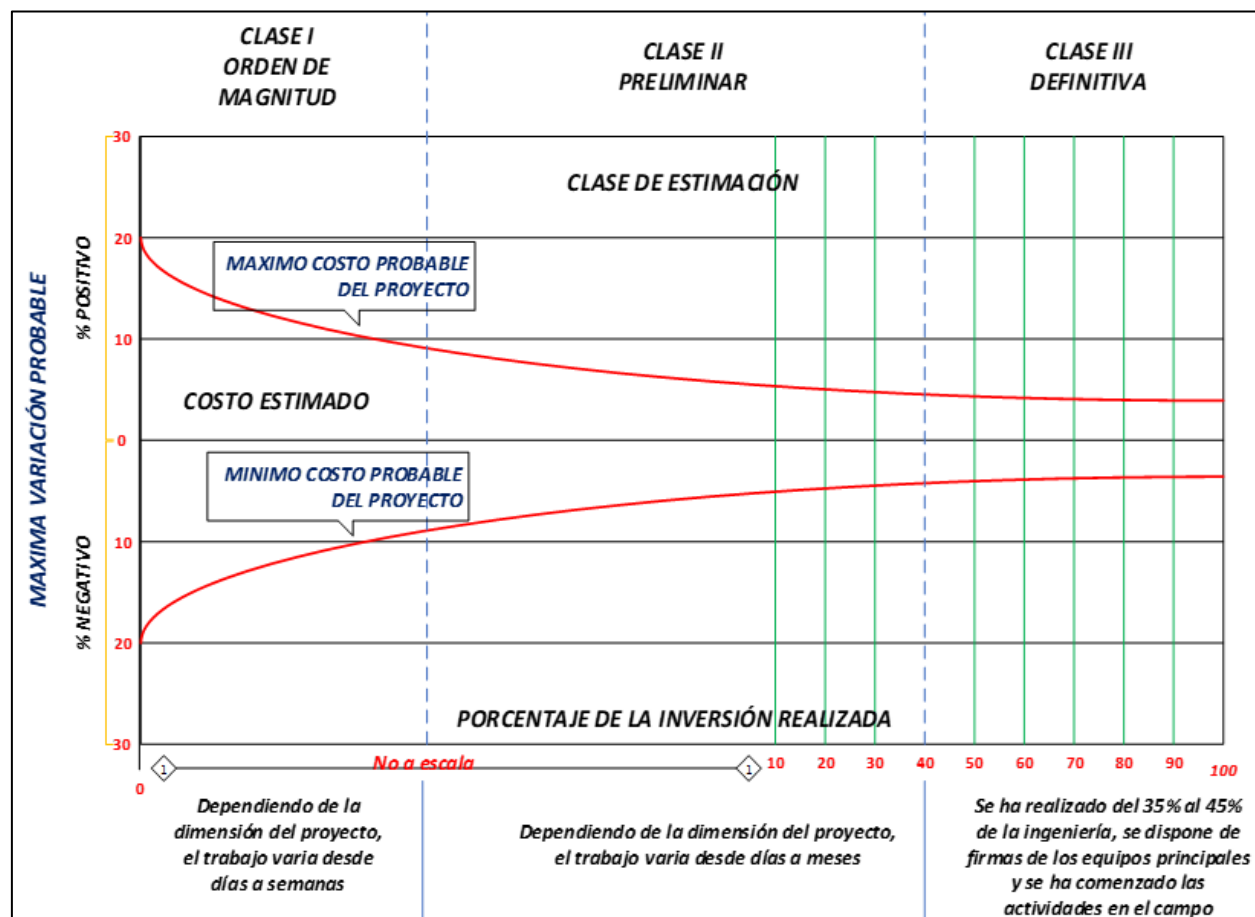
Detallada (Contratación): Se basa en datos técnicos completos con planos de lugar, especificaciones y tarifas actuales. Tiene una precisión de 5% .

2.2.1.2. Etapas básicas de estimación según Mackellar (1975).

Las etapas básicas de estimación de costos son:

Figura 7

Etapas de estimación de costos propuestos por Mackellar (1975)



Máximo y mínimo probable de un proyecto. Adaptada. Mackellar, 1975, Instituto Tecnológico GeoMinero de

España, 1849, (Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.2.1.3. Etapas básicas de estimación según Grentry (1979)

Gentry consideró 4 etapas de estimación de costos:

Figura 8

Etapas de proyectos en base a estimación de costos

COMPARACION DE LOS METODOS DE ESTIMACION DE COSTOS					
Tipos de estimación de costos y fase asociada de desarrollo del proyecto	Precisión (%)	Tiempo necesario de estimación	Imprevistos necesarios (%)	Porcentaje del trabajo de ingeniería (%)	Porcentaje de desembolso de capital inicial (%)
Orden de magnitud	30--50	1-2 días	20--30	5	0.5
Preliminar	10--30	1-6 semanas	10--20	15--20	2--5
Definitiva	10	3-6 Meses	6--10	50--60	10--15
Detallada	5	2-9 meses	4--7	90--100	50--60

Cuatro etapas enfocadas a un proyecto minero. Grentry, 1979, (Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.3. Métodos de estimación de costos

Hay diversos métodos para hacer estimaciones de costos. Los métodos de estimación utilizados suelen estar asociados con las cuatro etapas principales del desarrollo del proyecto.

Existen dos tipos de estimación en los proyectos mineros: Costos de capital o inversión y costos de operación, mayormente los métodos de estimación son más referentes que los primeros ya que a las mediciones exactas que se toman después del proyecto se le suman los cálculos de costos de minado, se identifican especificaciones, mediante gráficos de flujo, listados de equipos, diagramas de productividad, etc.

2.4. Estimación de Inversiones o costos de capital

En la industria, la inversión se entiende como el uso de capital para la obtención de bienes requeridos para iniciar la producción de un proyecto. Entre los componentes de inversión tenemos: El capital fijo y el capital circulante. El costo fijo de capital se refiere a los fondos necesarios para la adquisición de terrenos e instalaciones. En el caso de una estimación de inversión. Para un proyecto nuevo para poder estimar la inversión, se debe tener en cuenta las siguientes partidas:

- Adquisición de tierras.
- Estudios e investigaciones.
- Avance de preproducción (preliminar).
- Análisis ambientales y autorizaciones.
- Equipos de mina y montaje.
- Equipos de planta procesadora, servicios y montaje.
- Estructuras de ingeniería (vías, fluido eléctrico, agua, aire, etc.).
- Diseño y detalle.
- Construcción e instalaciones.
- Planes de contingencias.

2.4.1. Método de mesa la redonda

Este es un método de estimación subjetivo que genera un método simple, basado en la experiencia o relacionado con el proyecto. Por lo general, implica reunir la representación técnica de los diferentes departamentos involucrados en la cual discuta el costo total del proyecto.

2.4.2. Método de inversión específica o costo unitario

Es la capacidad de la instalación por la inversión específica, generalmente expresada en términos de inversión de capital por tonelada de producción anual (PTA). Los datos para dicho

método de inversión se originan de documentos técnicos, publicaciones administrativas, archivos sobre ingeniería de costos.

Tabla 2

Costos específicos en función al tipo de minería

Tipo de Explotación	Inversión específica (PTA)
MINAS DE CARBON	
Open pit	3.000 - 13.000
Subterránea	7.000 - 17.000
MINAS METALICAS	
Open pit	6.000 - 19.000
Subterránea	10.000 - 26.000

Inversión determinada de acuerdo con el tipo de explotación minera. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, ([Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería \(scribd.com\)](#))).

Tabla 3

Inversión específica de planta metalúrgica

Tipo de planta (Estándar)	Inversión específica (24 h día)
Uranio (U)	1,55 MPTA/tpd
Oro (Au)	1,40 MPTA/tpd
Flotación (Dos productos, metal base)	1,24 MPTA/tpd

Inversión específica en base a la planta metalúrgica de proceso de metales. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, ([Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería \(scribd.com\)](#))).

2.4.3. Método del índice de facturación

Este método emplea datos históricos, operaciones similares para estimar la inversión de capital. El índice de ventas está en función al valor por tonelada entre la inversión específica del

proyecto. En el sector minero, generalmente la relación entre el pago anual y la inversión total se encuentra en el rango de 0.3 y 0.35.

Ejemplo, Si precio de venta de un metal es de 16.000 PTA/t, su índice de facturación es de 0,35 y la producción estimada es de 100.000 t/año. ¿Cuál sería su inversión total que se requiere?

$$\frac{16000PTA/t}{0.35} \times 100000 t = 4\ 571\ 428\ 57\ PTA \quad (1)$$

2.4.4. Método de ajuste de potencia exponencial

Método conocido como la "regla de WILLIAMS", se utiliza cuando se desea obtener una "gran de magnitud" de las inversiones que se realizan, su certeza es del +/-25 %.

La variación de la inversión de un proyecto está en función a la capacidad de producción, se expresa mediante las siguientes ecuaciones:

$$I = [Capacidad] \quad (2)$$

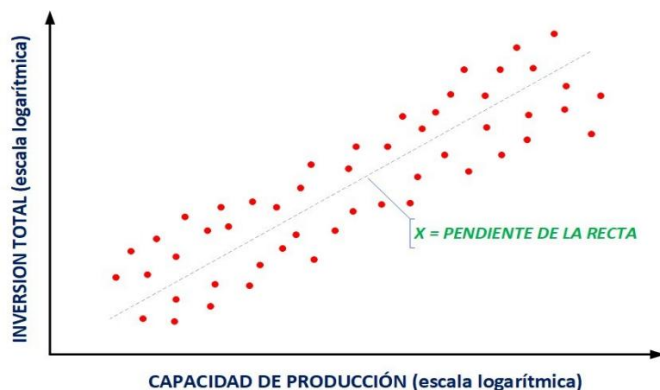
$$I_2 = I_1 \cdot [capacidad_2/capacidad_1]^x \quad (3)$$

Donde: "x" es el factor exponencial de economía en escala y K es una constante.

Si los datos obtenidos representados mediante gráficos logarítmicos la pendiente de la recta ajustada estará representa con el valor de "x".

Figura 9

Relación entre inversión total y capacidad de producción



Escala logarítmica entre la inversión VS. La capacidad de producción. Adaptada Relación entre Inversión Total y Capacidad de Producción, Mackellar, **1975**, (Manual de Evaluación Técnico-Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.4.5. Costo del equipo

Varios métodos para estimar la inversión del proyecto se basan en el costo del equipo principal. Para estimar el segundo valor, sin pedir ofertas de distintos distribuidores, se pueden aplicar ecuaciones publicadas por distintos autores y organizaciones para correlacionar el parámetro más representativo del equipo.

Las expresiones del costo aplicadas en EE. UU. y Canadá son:

$$\text{Costos} = a \cdot (X)^b \quad (4)$$

Donde “X” es el parámetro representativo del equipo “a” y “b” son constantes y se determinan ajustando los precios, con el parámetro “X”, mediante mínimos cuadrados.

En donde los valores de “a” y “b” son diferentes para distintos intervalos de “X” como se indica para las inversiones totales.

$$\text{Costos} = a + b \cdot X + c \cdot X^2 \quad (5)$$

donde: X es el parámetro representativo del equipo y a, b y c son las constantes.

Figura 10*Equipos y características*

EQUIPO	Parámetro x	Unidades de x	Rango de x	(a)		(b)		
Cono triturador	Diámetros del anillo de carga	Pies	3 a 6.7- 6.7 a 10	12,579.00	- 272.00	1,74	a	3,76
Trituradora giratoria	Área de la boca de alimentación	pulgadas ²	1.650 a 6.540 - 800 a 2.100	9.00	a 229.00	1,41	a	1,02
Trituradora de mandíbulas	Área de la boca de alimentación	pulgadas ²	12 a 786 - 786 a 5.544	2,863.00	a 37.00	0,49	a	1,14
Molino de martillos	Área de la boca de alimentación	pulgadas ²	24 a 1.617 - 1.617 a 7.680	664.00	a 2,040.00	0,63	a	1,41
Molino de bolas	Diámetro	pies	30 a 20	3,875.00	a	2,11	a	
Molino de barras	Diámetro	pies	3 a 15	4,365.00	a	2,10	a	
Ciclones	Diámetro	pulgadas	1 a 13.46 -13.46 a 50	414.00	a 72.00	0,76	a	1,43
Bombas centrífugas	Capacidad	Galones US/min	5 a 995 - 1.200	2,884.00	a 151.00	0,16	a	0,59
Coletores de polvo	Diámetro	pies	3 a 8.8	2,631.00	a 1,027.00	0,75	a	1,18
Cribas vibrantes de doble paño	Anchura ² x longitud	pies ³	11 a 1.536	2,280.00	a	0,43	a	
Espiral Humphrey	Capacidad	t/h	1.5 a 3.000	1,472.00	a	1,00	a	
Mesa de sacudidas	Área de bandeja	pies ²	5 a 93	5,552.00	a	0,36	a	
Celta de flotación	Capacidad	pies ³	3 a 99.5 - 99.5 a 1.275	1,955.00	a 482.00	0,31	a	0,61
Jig-caja	Área	pulgadas ²	24 a 217 -217 a 264	6,499.00	a 742.00	0,05	a	0,46

Tanque mezclador	Volumen	Galones US	85 a 6.399 - 6.399 a 154.000	598.00	a	42.00	0,33	a	0,63
Filtros de discos	Área de filtro	pies ²	225 a 2.880	12,883.00	a		0,65	a	
filtros de Tambor	Área de filtro	pies ²	20.1 a 200 – 200 a 1.527	11,130.00	a	4,320.00	0,37	a	0,55
Espensador	Diámetro	pies	4 a 46.7 - 46.7 a 300	5,051.00	a	2,259.00	0,71	a	0,92
Alimentador vibrante	Anchura x longitud	pulgadas ²	3.8 a 14.15 - 14.15 a 120	3,599.00	a		0,32	a	1,03
Transportador de bandas	Capacidad lineal	pies ² /pie lineal	200 a 343.000	1,275.00	a		0,52	a	
Motores c. c.	Potencia	Hp	1 a 250	379.00	a		0,86	a	
Tuneladoras (rpm)	Diámetro	pies	8.2 a 18.5 - 18.5 a 36	23,564.00	a	56,178.00	0,98	a	1,47
Raise Borer	Diámetro	pies	5 a 9.86 -9.86 a 15	263751	a	21,392.00	0,74	a	1,85
Martillos Manuales	Peso	Libras	40 a 86	868.00	a		0,36	a	
Jumbo sobre neumáticos	Empuje de la boca	Libras	3.000 a 120.000	46.00	a		0,86	a	
Dragalinas de zangas	Long. Brazo x cap. Cazo	Yd ⁵	71.906 a 726000	9,582.00	a		0,57	a	

Índice de costos de los equipos en unidad monetaria, dólar canadiense. Adaptada de la tabla de costos, O'HARA ,1 980, (COSTS AND COST ESTIMATION T.

Alan O'hara and Stanley C. Suboleski PDF | PDF | Minería de superficie | Minería (scribd.com)).

2.4.6. Método del índice de costo

Este método necesita una evaluación del equipo principal de una planta de procesamiento o de minería. Si el costo de adquirir este equipo es igual a "I", teniendo en cuenta la relación que existe entre este valor y la inversión total, se puede calcular el siguiente valor con una expresión del tipo:

$$\text{Inversión total del proyecto} = K \cdot \text{Costo de Equipos Principales} (I_{\varepsilon}) \quad (6)$$

La constante "K" esta denominada por el factor de LANG. Estos factores han sido estudiados e implementados para plantas químicas, pero no son comunes para proyectos en minería.

- Plantas de procesamiento de sólidos: $I_T = 3.10 \cdot I_{\varepsilon}$
- Plantas de tratamiento de sólidos y líquidos: $I_T = 3.63 \cdot I_{\varepsilon}$
- Planta de tratamiento de líquidos: $I_T = 4.74 \cdot I_{\varepsilon}$

2.4.7. Método de índice de costo de equipo

Este método es una mejora con respecto al método anterior ya que se utiliza diferentes factores para la instalación de la mina para cada tipo de equipo. Si el costo de cada equipo principal "i" de dicha instalación es "C", la inversión total será igual a:

$$I = \sum_{i=1}^n K_i \cdot C_i \quad (7)$$

Donde:

I= Costo total de la instalación

Ki =Índice de costo de equipo de clase.

Ci= Costo de equipo de clase "i"

Figura 11*Distribución porcentual de los costos de capital de equipos*

Operación minera	Perforadoras	Excavadoras	Volquetes	Tractores
Chuquicamata	4.70	18.80	72.90	3.60
Twí Buttes	7.10	32.00	48.90	12.00
Toquepala	8.60	23.70	56.70	11.00
Sierrita	8.60	24.40	60.00	7.00
Bouganville	6.50	26.50	54.10	12.90
Exotica	7.20	39.70	44.00	9.10
Palabora	15.70	29.50	43.70	11.10
Cuajone	12.50	30.80	4.10	15.60
Lorex	5.30	37.90	52.40	4.40
Cerro Colorado	14.10	31.70	50.80	3.40
Reocin	9.50	20.00	66.00	4.50
Arinteiro	25.60	26.50	37.80	10.10
Valores Medios (%)	10.45	28.46	49.28	8.73

Incluye volquetes y ferrocarriles. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, (Manual de Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.4.8. Método de estimación del índice de costos

Este método, presenta un error aproximado de +15%. La estimación de costos de los equipos primarios y secundarios está dada por la siguiente formula:

$$I_T = (1 + \sum_{i=1}^n \frac{K_i}{100}). (1 + g) \quad (8)$$

Donde:

I_t = Costo total de montaje.

I_{ξ} = Costo total del equipos principales y secundarios

K_i = Índice de costo del elemento "i" expresado costo porcentual del equipo.

g = Componentes de costos indirectos, de ingeniería e imprevistos.

2.4.9. Estimación detallada

Estimación más exacta y reciente, basadas en dibujos técnicos de detalle, diagramas de flujo y listados de equipos que muestran especificaciones, modelos y cantidades. En este punto, se han enviado RFP (convocatorias para envío de propuestas de proyectos) como fabricantes, empresas contratistas y centros de distribución. Las estimaciones de detalle sirven como guía para la obtención de máquinas, factores que permiten controlar y tener una referencia al momento de ejecución y desarrollo de un proyecto.

Tabla 4

Similitud entre los niveles de costo y capital de operación

Nivel de Costos	Terminología	
	Costos de Operación	Costos de Capital
A	Total	Total
B	Área	Área
C	Tratamiento	Centro
D	Sub-proceso	Tipo de Trabajo
E	Base	Básicos

Niveles de costos operativos y capital. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, (Manual de Evaluación

Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.4.10. Imprevistos

Durante la estimación de costos, presentan una serie de factores que serán evaluados como una suma del porcentaje total de los demás componentes, entre ellos tenemos las contingencias y es el resultado de la determinación cuantitativa del contenido inconcluso del proyecto. El componente de contingencia incluye los errores asociados y comunes en el procedimiento de estimación.

El número de contingencias obviamente depende de la naturaleza y certeza de estimar. El estudio de proyectos de minería durante la fase final de estimación, los factores de contingencia pueden ayudar a enfrentar posibles fluctuaciones en los precios de los equipos, recargos adicionales, etc.

2.4.11. Ingeniería

Los costos con respecto a la ingeniería están asignados en función a los gastos de capital, ya que corresponde al trabajo involucrado en la selección de equipos, diseño operativo, desarrollo de proyectos, investigación de requisitos y propuestas, etc. El costo promedio de ingeniería en relación con los proyectos en el sector minero es alrededor del 10% del costo total del equipo.

2.4.12. Estimación de los costos de operativos

Los gastos operativos dentro de un proyecto minero son más difíciles que estimar con respecto a los costos de capital, esto se debe a la amplia variación de factores: geología de la mina, tipo y cantidad de equipos empleados, personal, condiciones del medio ambiente, estructura de la empresa, etc.

Los costos operativos inciden continuamente en el curso de la ejecución de una actividad y se pueden dividir en tres categorías:

2.4.12.1. Costos directos

Los costos primarios de una actividad y esencialmente incluyen personal e insumos:

Personal

- De operación.
- Supervisión operativa.
- Mantenimiento.
- Supervisión equipos.
- Otros gastos de nómina.

Materiales

- Materiales de reparación y Repuestos.
- Procesamiento.
- Materias principales.
- Consumibles: agua, gasolina, electricidad, etc.

2.4.12.2. Costos indirectos o fijos

Son aquellos costos de producción y varían en función del valor esperado productivo, pero no tiene una relación directa con el procesamiento generado. Está conformado por los siguientes elementos:

a) Personal

- Administración.
- Vigilancia.
- Técnico.
- Servicios (prestaciones).
- Almacenes y talleres.

- Otros gastos salariales.

b) Seguros

- Responsabilidad y propiedad.

Costos de amortización (distribución del pago de la deuda periódicamente).

c) Interés por préstamos.

d) Impuestos (Pagos efectuados según la entidad tributaria).

e) Restauramiento de propiedades.

f) Reuniones gerenciales, donaciones y viajes.

g) Pagos en servicios y oficina de una compañía.

h) Publicidad y relaciones públicas.

i) Preparación y desarrollo de la mina.

2.5. Modelos completos de estimación de costos

Las diversas organizaciones, a mediados de la década de 1970, empresas y agencias han desarrollado modelos y sistemas para estimar inversión y costos operativos en minas y minerales.

Estos modelos incluyen órdenes de magnitud y clases de estimaciones aproximadas, en sectores específicos como minerías polimetálicas, metálicas y de carbón, estos modelos de estimación son:

U.S. Bureau of Mines, O'Hara, Fluor Utah, Burlaff-Lhrenz-Monash y EPRI, etc.

2.6. Costos de capital

a) Estudio del impacto ambiental.

b) Minería: Open pit y subterránea.

- Exploración de yacimientos minerales
- Desarrollo de preproducción minera.

- Equipos del sector minero.
- Transporte para el personal de las unidades mineras.
- Instalaciones y servicios auxiliares mineros.
- Restauración, dirección e ingeniería de construcción.
- Capitales circulantes (fuerza de trabajo).

c) Tratamiento de recursos minerales.

- Generación de beneficio.
- Separación sólido-líquido.
- Hidrometalurgia, se encarga de la extracción y recuperación de los metales.
- Equipos de transporte.
- Servicios en general.
- Infraestructura de la planta concentradora.
- Reparación
- Ingeniería de dirección de construcción.
- Capitales circulares, comprende la mano de obra.

d) Infraestructura accesos.

- Servicio en general.
- Instalaciones para la infraestructura.
- Movilización de las infraestructuras.
- Tratamiento de aguas residuales con el fin de lograr la calidad requerida de agua.

2.7. Modelo de O'HARA

Fue desarrollado por O'HARA (1980-1986). Se basa principalmente en una fórmula ajustada exponencial.

Costos de capital

Para estimar los costos de capital, con respecto a un proyecto minero e las instalaciones de procesamiento, consiste la aplicación de las respectivas expresiones:

$$I = 566.400.Tm^{0.6} \text{ (Proyectos a cielo abierto planta)} \quad (9)$$

$$I = 1.132.800.Tm^{0.6} \text{ (Proyectos de interior y planta)} \quad (10)$$

Donde:

I = Inversión general en (USD).

Tm = Capacidad de tratamiento (Tn cortadas/día).

2.7.1. Mina a cielo abierto

O'Hara considera en las operaciones de open pit 8 categorías para la inversión. Sin embargo, antes de ello calcular el volumen desechado inicial y la relación entre mineral y desecho, además de la cantidad estimada de camiones y excavadoras necesarias para la operación.

$$S = 0.13.T^{0.4} \quad (11)$$

$$N_s = 0.007.\frac{T^{0.4}}{S} \quad (12)$$

$$t = 8.S^{1.1} \quad (13)$$

$$N_i = 0.2.\frac{T^{0.8}}{t} \quad (14)$$

Donde:

S = Capacidad de las excavadoras (yd³).

Ns = # de excavadoras.

t = Capacidad de carga de volquetes (tons.).

Nt = # de volquetes

T = Productividad de mineral y estéril (tons/día).

Tabla 5*Resumen de los costos de capital de mina en open pit*

Concepto	Parámetros de costo	Intervalo gráfico	Ecuación de costo (\$C 1980)	Observaciones
1. Acondicionamiento de instalaciones	T= ton/día de mineral y estéril	10^3 a 10^5	$C_{11}= 2.832*T^{0.5}$ $C_{12}=7.080*T^{0.5}$	Condiciones Topográficas: suaves y arboledas
2. Desmonte previo	To= Toneladas de recubrimiento	10^4 a 10^7	$C_{21}= 1.133*T_0^{0.5}$ $C_{22}=12.033.T_0^{0.5}$	Revestimiento de suelos Revestimiento de roca
3.Equipos mineros	S=Capacidad de excavadoras (Yd ³)	40 a 15	$C_{31}=325.664*Ns*S^{0.73}$	Ns= Número de excavadoras
	t=Capacidad de volquetes (tons)	35 a 150	$C_{32}=12.743*Ns*t^{0.5}$ $C_{33}=2.27*C_{31}*t^{0.2}$	Nt= Número de volquetes Equipos de perforación
4. Instalaciones de mantenimiento	T= ton/día de estéril y mineral	10^3 a 10^5	$C_4=212.389*t^{0.3}$	Incluidos equipos de mantenimiento
5. Suministros de energía y agua	Estimación de Procesamiento de planta			
6. Estudios de viabilidad, ingeniería	4 a 6% de ($C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22}$) más ó de 8% de ($C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4$)			
7. Construcción, supervisión y dirección	8 a 10% de ($C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4$)			
8.Trámites ilegales y administrativos, permisos, etc.	4 a 7% de ($C_{11} + C_{12} + C_{21} + C_{22} + C_{31} + C_{32} + C_{33} + C_4$)			

2.7.2. Proyectos de minas a cielo abierto

La fórmula de costos para los depósitos superficiales se calcula usando los costos reales de los proyectos mineros en América del Norte completados desde 1980. El costo promedio de capital se calcula incrementado usando indicadores estadísticos, si los hay, para el tercer trimestre de 1988.

Costo del equipo de perforación a tajo abierto:

El costo del equipo de perforación depende de la cantidad de pozos “Nd” y del diámetro del pozo en pulgadas perforados para preparar el tonelaje diario de mineral y roca estéril para la producción.

$$\text{Costo de equipo de perforación: } Nd * \$20000 * d^{1.8} \quad (15)$$

Costo de camiones y accesorios Equipo de mantenimiento de carreteras

El costo de maquinaria de transporte depende principalmente de la cantidad de camiones y el tamaño del camión (t en toneladas)

$$Nt * \$20400 t^{0.9} \quad (16)$$

Costo de las instalaciones de mantenimiento a cielo abierto:

El costo de construir y equipar el taller de mantenimiento en la minería superficial varía con el área del taller A en pies cuadrados con un factor de corrección de 0.6, y el tamaño de los camiones en la flota de camiones.

$$\$6000 * A^{0.6} t^{0.1} \quad (17)$$

Costo de las comunicaciones a cielo abierto y distribución eléctrica

Incluye el costo de instalación de un sistema telefónico terrestre con equipo básico de radio y móvil con uno o más repetidores, dependiendo del tamaño de la mina. La distribución de energía incluye el costo de instalación de la subestación primaria, líneas de transmisión de

energía, transformadores móviles montados en patines y cables de aguas abajo, todo dependiendo del tamaño de la mina a cielo abierto, en toneladas/día de mineral y relaves extraídos.

- Costo de comunicaciones eléctricas: $\$250 TP^{0.7}$
- Costo del sistema de combustible a cielo abierto: incluye el almacenamiento y los servicios para combustible diésel, gasolina, lubricantes y refrigerantes para la flota de transporte de camiones y vehículos de servicio móvil, dicho costo se obtiene con la siguiente fórmula:
- Costo del sistema de combustible: $\$28 Tp^{0.8}$

2.7.3. *Proyectos de minas subterránea*

El costo de equipos:

En minería subterránea con respecto al precio comprenden equipos de perforación, carguío, acarreo y transporte.

El costo de los equipos que se encuentran operando en mina se diferencian en función a la cantidad de toneladas diarias extraídas, sin embargo, las minas que producen el mismo tonelaje diario pueden variar con el costo y el grado de mecanización, además influye la potencia de veta de mineral de cada mina. Para determinar el costo de equipos está dado por la siguiente formula:

$$\text{Costo de equipamiento: } \$ 24\,600 T^{0.8}/W^{0.3} \quad (18)$$

Aunque una mina altamente mecanizada obtendrá un mayor rendimiento en toneladas por guardia que una mina no mecanizada. Sin embargo, en mina mecanizada será necesario contar con una ventilación más amplia y un equipo e instalaciones de mantenimiento más grandes.

$$\text{Costo de equipamiento: } \$24,600T^{0.8}/W^{0.3} \quad (19)$$

Costo del sistema de ventilación de la mina:

El costo en interior mina está en función por el grado de mecanización en las actividades operativas como son de perforación, carguío, acarreo y transporte, pero estos costos serán menores cuando se ejecute labores de desarrollo fundamentales para realizar la instalación de dicho sistema de ventilación.

En general para medir el costo del sistema de ventilación está en función a la potencia total instalada en (Hp). Se estima a partir de las siguientes ecuaciones:

$$\$ 14,00 * Hp^{0.6} \text{ (Para minas de Au y metales comunes)} \quad (20)$$

$$\$ 16,6800 Hp^{0.6} \text{ (Para minas de uranio)} \quad (21)$$

$$\$ 7500 Hp^{0.6} \text{ (Para minas no metálicas sin polvo silíceo)} \quad (22)$$

Costo del sistema de bombeo de la mina:

El costo del sistema de drenaje de la mina depende de la potencia total instalada de la bomba en (Hp) Caballos de Fuerza según lo estimado en las siguientes ecuaciones:

$$\$ 3400 Hp^{0.7} \text{ (Para minas con entrada de agua media entre 60 a 910m)} \quad (23)$$

$$\$1,400 Hp^{0.7} \text{ (Para minas poco profunda menores a 300 m.)} \quad (24)$$

$$\$ 5800 Hp^{0.7} \text{ (Para minas con entrada de agua por debajo de 300 m)} \quad (25)$$

Costo del taller de reparación subterránea:

Aunque las minas pequeñas que producen menos de 600 tpd, es decir entre las (544 t / día) de mineral cuentan con un taller de reparación en superficie con el fin de dar servicio a equipos de minería además de equipos móviles pequeños del molino. En cambio, en la gran minería mecanizadas donde sus equipos son grandes, generalmente el taller de reparación se

encuentra en la mina subterránea con el propósito de evitar demoras en izar el equipo de la mina a un taller de reparación de superficie. Para calcular el costo de taller de reparación está sujeta a la siguiente ecuación:

$$\$14600 T^{0.4} \quad (26)$$

Costo de la planta de compresores de minas

El costo de los compresores y de todos los equipos accesorios instalados en una planta de compresores sobre cimientos de concreto se puede estimar de la siguiente manera:

Costo de planta compresora: $\$920 C^{0.7}$; donde C es los (pies)³ por minuto requeridos.

Costo de la distribución eléctrica subterránea

El Costo de la distribución eléctrica subterránea está dada por las subestaciones y los cables de alimentación instalados dentro de la mina subterránea, dicho costo depende de la carga máxima promedio de la mina en kilovatios. Esta dada por la siguiente formula:

Costo: $\$1600(Kw)^{0.9}$; donde kW es la carga pico atribuible a las instalaciones subterráneas.

2.8. Los proyectos mineros de inversión

2.8.1. La inversión en la empresa

En cualquier actividad empresarial, invertir es la obtención de activos fijos lo que implica la inmovilización de fondos por un determinado periodo de tiempo, normalmente mayor a 1 año, con expectativas de ingreso a corto plazo.

Existen tres puntos de vista distintos con respecto a la inversión en la cual se detallará a continuación:

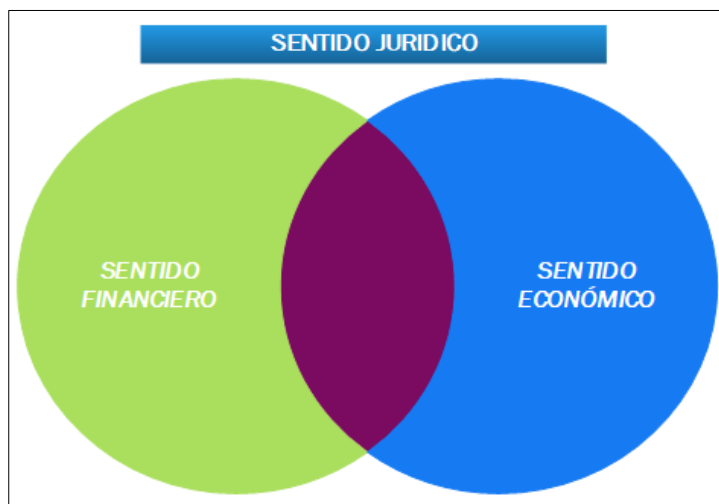
Sentido jurídico: Inversión es la obtención de un derecho de propiedad.

Sentido financiero: Es la inversión en el mercado financiero con el fin de obtener una renta posterior.

Sentido económico: Viabilidad de los componentes productivos.

Figura 12

Aspectos de las inversiones



2.8.2. La inversión de una compañía minera

La inversión de proyectos mineros está sujeta a la estimación de un yacimiento y el cambio de mercado que afecta directamente a las proyecciones de un proyecto minero a pequeña escala y gran escala.

2.8.3. Tipos de inversiones

Los requisitos de beneficio de un proyecto difieren según las categorías de inversión ayudando a la toma de decisiones entre ellas tenemos:

Origen de beneficio de capital. Es el costo de expansión de ingreso recibido y la reducción de riesgos asociados, etc.

Orientación competitividad: Es la sostenibilidad estratégica de inversión en mercado.

Objeto de la inversión: Es una mejora continua de desempeño operativo buscando una innovación tecnológica según las exigencias del mercado.

Aspecto temporal: Es el tiempo de inversión a largo y corto plazo.

Aspectos estratégicos: Es un fortalecimiento conjunto de la empresa y tener un plan estratégico para la solución de problemas.

Relación entre inversiones: Son inversiones que se complementan, se sustituyen o son independientes.

Amplitud: Las inversiones están sujetas al ciclo de producción quienes determinaran si un proyecto es parciales o completo.

2.8.4. El perfil de inversión de un proyecto

Cualquier proyecto genera un de flujo monetario a lo largo de su vida productiva.

Al elegir 2 o más proyectos, el análisis económico permite una diferencia sintética de sus flujos de fondo e indicadores correctivos.

Los principales parámetros de un proyecto de inversión, con una valoración económica, que no consideran el financiamiento:

- Los fondos dinámicos
- Los parámetros
- El horizonte transitorio

Figura 13*Variables del cash flow operativa*

Ingresos por ventas	
-	
Costos fijos y variables	
-	
Amortización	
Beneficios antes de Impuestos	TOTAL ENTRADAS
-	
Impuestos	
Beneficios despues de Impuestos	
+	
Amortización	
	-
Total inversiones	
+	
Incrementos de capital circulante	TOTAL DE SALIDAS
-	
Subvenciones de capital	
	FLUJO DE CAJA OPERATIVO

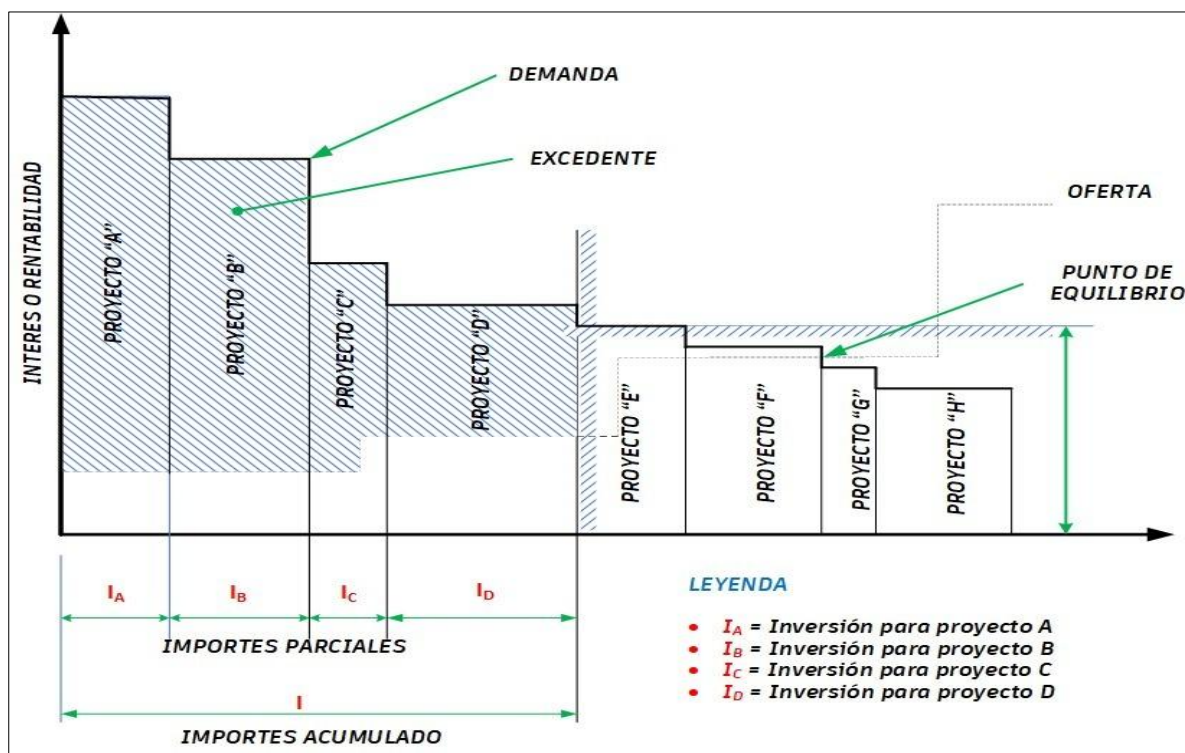
Fuente: Variables Operativas. Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, Manual de Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com).

2.9. Determinación de la tasa de actualización

La estimación económica minuciosa de un proyecto minero se debe realizar mediante un correcto manejo del valor temporal del dinero. Para determinar este valor de la tasa de actualización aplicable, se debe tener en cuenta la rentabilidad mínima aceptable (RMA), para la inversión de un proyecto en función al valor actualizado neto total resultante (Rodriguez, 1988).

Figura 14

Demanda y oferta de capital para las empresas



Esquema de flujos de inversión acumulado actualizado con la TRI, Instituto Tecnológico GeoMinero de España, 1849, (Manual de Evaluación Técnico Económica de Proyectos Mineros de Inversión | PDF | Toma de decisiones | Minería (scribd.com)).

2.10. Criterios de evaluación

2.10.1. Rentabilidad interna "TRI"

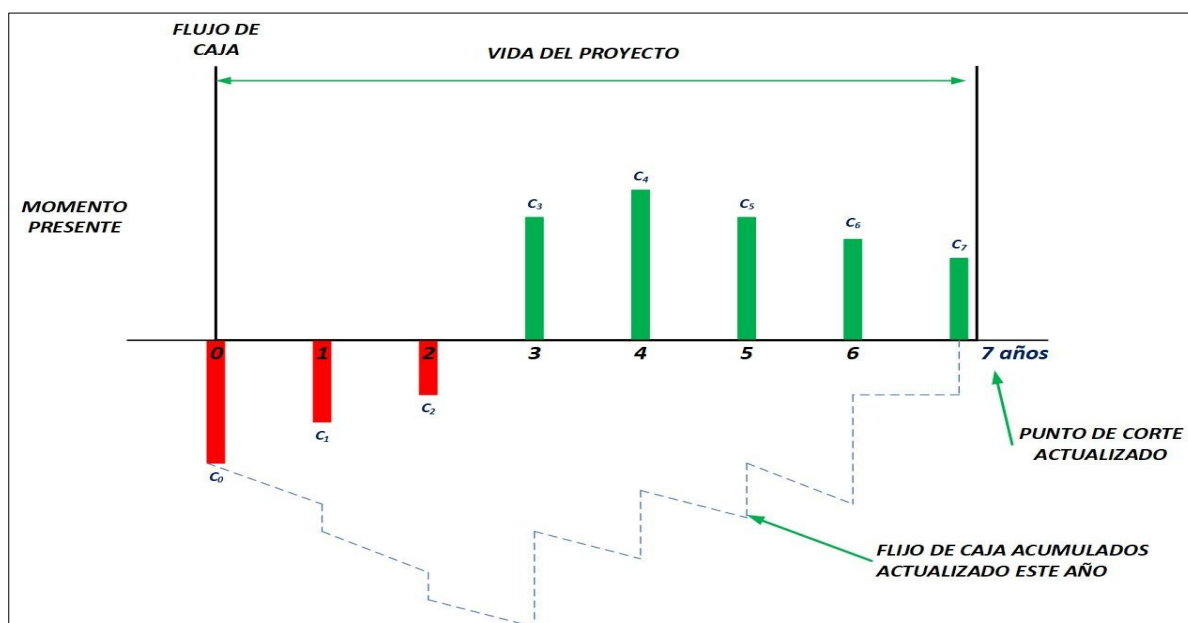
La "rentabilidad de un proyecto" está basada de medir la tasa a la que un proyecto recupera su inversión.

La tasa interna de retorno, o TIR, de un proyecto se define como la tasa que se paga por el dinero invertido en el mismo, de esta manera que al finalizar la vida útil de un proyecto se recuperarán del interés de la inversión cada año por el saldo reunido pendiente a recuperar.

La definición matemática de la TIR es instantánea: es este valor de la tasa de descuento el que hace que los flujos de efectivo descontados acumulados sean cero al final de la vida del proyecto. De esta manera se habrá devuelto toda la inversión inicial y no perderemos dinero en el proyecto.

Figura 15

Esquema de flujos de fondo de acumulación con la TRI



Fuente: Elaboración Propia

2.10.2. Valor Actual Neto “VAN”

El enfoque del “VAN” es cuando el proyecto es económicamente aceptable desde el punto de vista económico y actualizando sus flujos de efectivo, aplicando Rentabilidad mínima aceptable, la matemática de los valores resultantes debe ser positiva. Si el resultado da positivo en VPN denotará que el proyecto es más rentable de las demás oportunidades de inversión.

VAN positivo indica que se debe invertir estimando correctamente los costos, eso nos indicará que la inversión que hicimos afectará positivamente al patrimonio neto de la empresa. De

esta manera evaluaremos que hicimos una buena toma de decisiones referente a otros proyectos de inversión.

$$NPV = \frac{CF_0}{(1+\rho)^0} + \frac{CF_1}{(1+\rho)^1} + \dots + \frac{CF_{n-1}}{(1+\rho)^{n-1}} + \frac{CF_n}{(1+\rho)^n} - \frac{CCF_0}{(1+\rho)^0} - \frac{CCF_1}{(1+\rho)^1} - \dots - \frac{CCF_p}{(1+\rho)^p}$$

$$NPV = \sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+\rho)^i} - \sum_{i=0}^p \frac{CCF_i}{(1+\rho)^i}$$

- VPN representa una cantidad de dinero en el momento actual ($t = 0$).
- El cálculo de un importe en el momento presente equivalente en valor secuencial del flujo de caja futura.
- Si se pueden estimar el flujo efectivo anual futuro, al considerar la tasa de interés adecuada, se puede calcular el valor presente de la propiedad.
- Este procedimiento de cálculo se conoce como la Red Método del valor presente (VAN).
- $NPV = \sum \text{Beneficio en efectivo} - \sum \text{Costos en efectivo}$
(26)
- Si el VAN de la propuesta es un valor positivo ($VAN > 0$), entonces el proyecto debe ser aceptado.
- Un VAN positivo indica que la propuesta de inversión permitirá la recuperación del capital invertido.

2.10.2.1. Criterios de VAN

- $VAN > 0$ Significa buena inversión (aceptar proyecto)
- $VAN = 0$ Significa que los costos son iguales a los Beneficios (punto de equilibrio)
- $VAN < 0$ Oportunidad de inversión no buen

2.10.2.2. Índice de rentabilidad

Es una variante del método VPN. Ayuda en la selección de oportunidades de inversión donde el criterio VPN tiene limitaciones debido a:

- Distintos requisitos de inversión
- Limitaciones a los fondos disponibles para inversiones

También se conoce como relación costo-beneficio o Presente Índice de valores. Se calcula tomando el valor actual del efectivo entradas divididas por el valor actual de las salidas de efectivo.

$$PI = \frac{\text{Valores actuales de las entradas de efectivo}}{\text{Costos (salidas iniciales)}} \quad (28)$$

$$PI = \frac{\sum_{i=0}^n \frac{CF_i}{(1+\rho)^i}}{\sum_{i=0}^p \frac{CCF_i}{(1+\rho)^i}} \quad (29)$$

P = Período de inversión dentro de n

PI = Se obtiene dividiendo el VAN de una oportunidad por el valor absoluto de los flujos de caja negativos descontados.

Ejemplo: Se espera que una inversión de \$3 millones genere flujos de efectivo de \$1 millón por año durante 5 años. El costo de capital es del 10%. ¿Qué es el IP?

$$PI = \frac{(1\text{mil. } (P/A_{10.5}))}{3m}$$

$$PI = \$ 1.264$$

Este valor significa, por cada dólar invertido, se debe obtener \$1.264; además mide la riqueza creada por dólar de inversión inicial.

2.10.2.3. Relación de valor presente (PVR)

- Razón de Valor Presente es la razón del Valor Presente Neto (VAN) a valor presente costo (PWC)
- El PVR se obtiene dividiendo el VAN de un proyecto por el valor actual neto de las salidas de gastos de capital
- Mide el valor presente neto del proyecto por unidad de inversión.

El PVR se determina aplicando la siguiente fórmula:

$$PVR = \frac{NPV}{\sum PV \text{ de } CE} \quad (30)$$

$$PVR = \frac{\sum PV \text{ de } PCE - \sum PV \text{ de } CE}{\sum PV \text{ de } CE} \quad (31)$$

PCF = flujos de caja del proyecto excluyendo gastos de capital

CE = Gastos de Capital

2.10.2.4. Tasa Interna de Retorno “TIR”

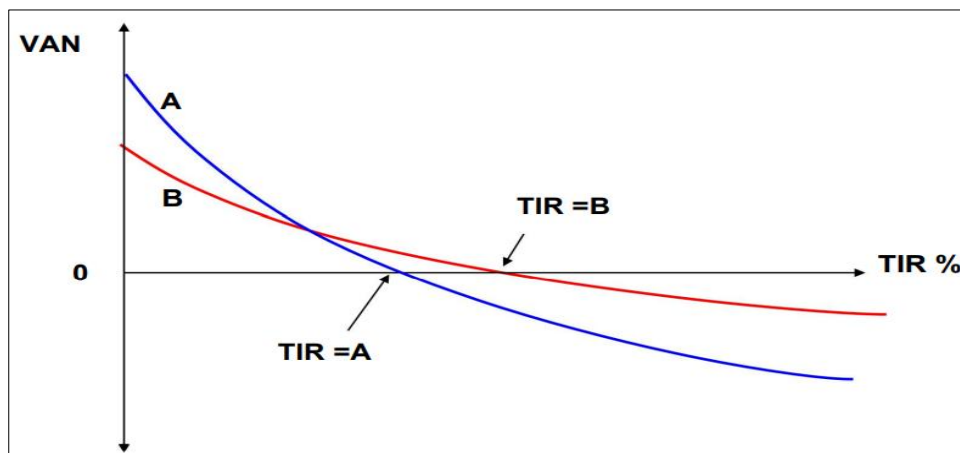
El TIR indica el flujo de caja descontada.

La TIR es el rendimiento compuesto efectivo anualizado, donde la tasa puede ser obtenida sobre la inversión de capital.

Este es la rentabilidad de las inversiones.

La TIR también debe satisfacer la siguiente expresión.

$\sum PV \text{ Entradas de efectivo} - \text{Salidas de efectivo} \sum PV$

Figura 16*Grafico del VAN y TIR***Ejemplo:**

Monks mining Plc invirtió US\$ 4 millones en un Open Proyecto de foso. Se espera que esta inversión genere flujos de efectivo de US\$ 1 millón por año durante 5 años. Si el costo de capital es del 12%, determinar el esperado Tasa interna de retorno (TIR).

$$TIR = P - Inversion$$

$$P = A \times \left(\frac{P}{A_{i,5}} \right) \quad (32)$$

$$TIR = 1 \text{ mil} \times \left(\frac{P}{A_{i,5}} \right) - 4 \text{ mil} = 0$$

$$TIR = \left(\frac{P}{A_{i,5}} \right) - 4 \quad (33)$$

De tablas, para $n = 5$

$$\text{Para } i = 7 \% = (P/A_{i,5}) = 4.1$$

$$\text{Para } i = 8 \% = (P/A_{i,5}) = 3.993$$

Por Interpolación: $R = 7.99 \%$

2.10.2.5. Retorno de inversión “ROI”

- Esta mide el desempeño utilizado en la evaluación de una inversión.
- La ganancia “retorno” de la inversión se divide por el costo; un porcentaje o una proporción expresa el resultado.
- Por lo tanto, si una inversión no tiene un ROI positivo, entonces la inversión no debe llevarse a cabo

$$ROI = \frac{Inversion\ neto\ anual\ promedio}{Inversion\ Total} \times 100 \quad (34)$$

Ejemplo:

Considerando una hipotética mina cuyo precio de compra fue US\$ 50 Mil Millones, y se tiene una expectativa de producción tal como se muestra en la tabla, evaluar el NPV, a una tasa de descuento de 10%. Determina el: Calcular la TIR e interpretar el análisis, Cual es la sensibilidad del NPV con las siguientes variaciones: Si los ingresos se incrementan en un 20%, Si el costo de minado baja un 20%., Si el costo de procesos baja un 20%. Periodo=año.

Tabla 6

Años de una hipoteca mina

Parámetros, año	0	1	2	3	4
Inversión	-50				
Ingreso		50.0	52.0	54.1	56.2
Costo de minado		10.0	10.4	10.8	11.2
Costo de procesos		24.5	25.5	26.5	27.5
Resultados ante de Imp.	-50	15.5	16.1	16.8	17.5

Tabla 7*Ingreso se incrementa 20%*

Año	0	1	2	3	4
	-50				
	Sube el 20%	60	62.4	64.92	67.44
		10.0	10.4	10.8	11.2
		24.5	25.5	26.5	27.5
	-50	25.5	26.5	27.62	28.74
NPV	\$35.46				

Tabla 8*Costo de minado baja*

Año	0	1	2	3	4
	-50				
		50.0	52.0	54.1	56.2
		10.0	10.4	10.8	11.2
	Baja el 20%	19.6	20.4	21.2	22.0
	-50	20.4	21.2	22.1	23
NPV	\$18.38				

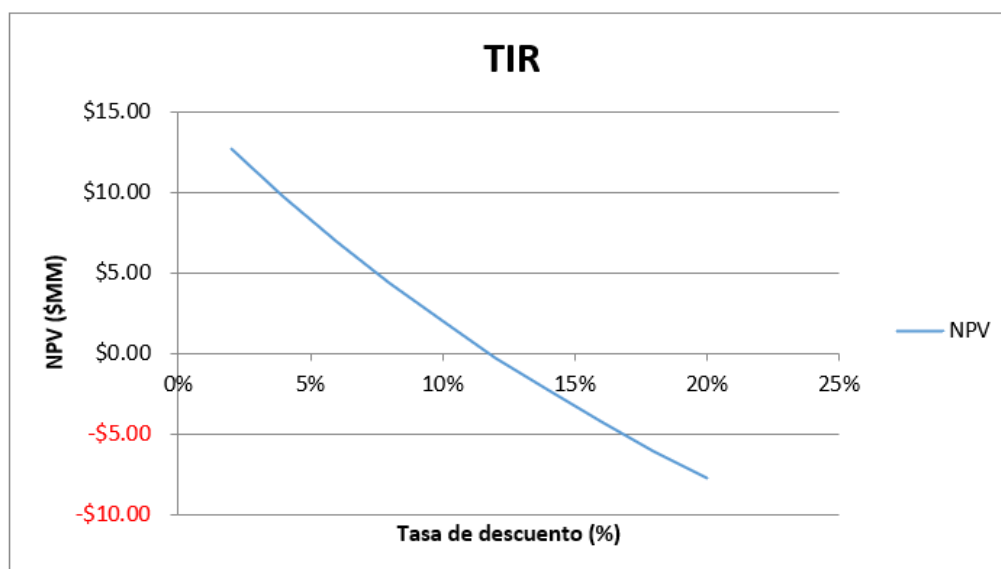
Tabla 9*Observación de sensibilidad*

Observación de sensibilidad	
Tasa Interés	NPV
2%	\$12.67
4%	\$9.68
6%	\$6.92
8%	\$4.35

10%	\$1.97
12%	-\$0.25
14%	-\$2.31
16%	-\$4.24
18%	-\$6.05
20%	-\$7.74

Figura 17

Relación TIR y VPN



2.11. Metal streaming

2.11.1. Reseña histórica del Metal Streaming

Antes de 2004, la alternativa al financiamiento tradicional eran los contratos royalty. Un contrato de royalty, es un contrato mediante el cual un comprador (compañía de regalías) paga a la compañía minera una suma global, a cambio de pagos futuros de dicha compañía minera,

calculados como un porcentaje de los ingresos de la compañía minera. proyectos mineros (estos pagos pueden ser en efectivo o mineral). (Gadea, 2018)

Sin embargo, desde 2004, con la constitución de Silver Wheaton Corp. ahora Wheaton Precious Metals, es una nueva forma de financiar proyectos mineros: el comercio de metales en línea. Desde ese año, las transacciones de metales en línea han aumentado significativamente. (Gadea, 2018)

2.11.2. Metal streaming o pagos de producción volumétrica (VPP)

Las empresas mineras pagan por Volumen de Producción (VPP), en Metales Valiosos (Au-Ag) por el financiamiento dado, debido hacer más accesible con respecto a recompras de un contrato de metal es esencialmente una compra y venta a largo plazo de un producto básico a un precio previamente acordado y con la obligación de entregar dependiendo de la producción en periodo específico o de explotación específica (Amm, 2014).

2.11.3. Ventajas de un contrato metal streaming:

La volatilidad de acciones de las empresas mineras en los mercados bancarios, están relacionadas directamente con el precio de materia prima, esto desalienta a los inversionistas que no quieren comprar acciones por lo cual no las compañías mineras no consiguen financiamiento.

- Los contratos de metal streaming brindan a los mineros la facilidad de desarrollar sus proyectos antes de que entren en producción, según lo determinen las reservas probadas del proyecto.
- Los contratos de transmisión de metales no adquieren intereses y su propia estructura no se considera pasivo en los balances de las compañías mineras. La

segunda es que, al no existir un requisito mínimo de entrega, la empresa minera sólo está obligada a entregar si la mina está en producción.

- Por lo general, un contrato de metal streaming, el inversionista tiene una implicación minúscula en la administración del proyecto minero.
- Los tiempos de contrato suelen ser más largos y comparables a la vida del proyecto minero, ya sea en desarrollo o expansión, e implícitamente confirman la vida estimada del proyecto minero.
- Sin compromisos de pago fijo en efectivo, lo que disminuye el riesgo de liquidez durante épocas donde los precios de los metales bajan considerablemente
- No hay garantía por el título físico, es decir este tipo de financiamiento no tienes que dejar un bien físico para acceder a este.
- No representan arreglos de deuda y tienden a ser de carácter comercial, este modelo de financiamiento no cobra tasa de interés y algunas empresas lo usan para desarrollar otros proyectos externos.
- Los riesgos de operacionales y productivos se comparten a lo largo de la cadena de valor, de esta manera si algo falla en la etapa productiva, ambos se harán cargo de los costos.

2.11.4. Desventajas de metal streaming “MS”

- Generalmente de los contratos “MS” se alargan por un tiempo efectivo que dure la mina en producción. Este convenio permite una venta a largo plazo, la empresa Streamer podrá lucrar de cualquier utilidad de explotación, incluido el aumento de las reservas de la mina que se logran con campañas exhaustivas de exploración.

- Es probable que los costos de una mina a futura sean mayores, ya que los convenios de metal streaming disminuir los beneficios de los subproductos, aunque, los gastos operacionales se conservan al producir esos productos.
- Durante la duración de un proyecto, el precio de las materias primas asociadas a un contrato metal streaming puede incrementar o reducir esto depende de su cotización en la bolsa de valores. A medida que aumenta el valor de la materia prima, la compañía streaming obtiene enormes ganancias.

2.11.5. Condiciones para un contrato metal streaming

Con el análisis anterior, se identificará variables claves para acceder a un convenio de metal streaming:

Política minería del país donde se realiza el proyecto:

Los Streamers examina como mínimo cien proyectos cada año donde surgen con una clasificación, esta variable es el mejor indicador en la toma de decisiones en las empresas *streamers* que invierten en estos proyectos.

El producto objeto del contrato es un sub-producto de la mina

Las empresas mineras deben tener un subproducto para ser comercializado de modo que los beneficios asociados con la producción estén vinculadas al producto primario. En el estudio de casos se puede observar empresas mediana, pequeña y gran minería, el principal producto es cobre, oro, zinc, molibdeno y el subproducto es plata.

Los yacimientos de los proyectos mineros deben tener largo periodo de duración:

Estos convenios se caracterizan porque las minas cuentan con reservas sustanciales de recursos para un mínimo de 15 periodos de producción. Los mineros buscan minas de grandes toneladas que los costos operativos sean económicos y no afecte la producción futura.

Recomendación de un contrato metal streaming bajos de commodities:

En muchos casos, se encuentra que los mineros aceptan estos contratos cuando la materia prima se encuentra en precios menores, de esta forma se obtiene ganancias suficientes.

El capital inicial debe ser por lo menos 50% de la inversión general:

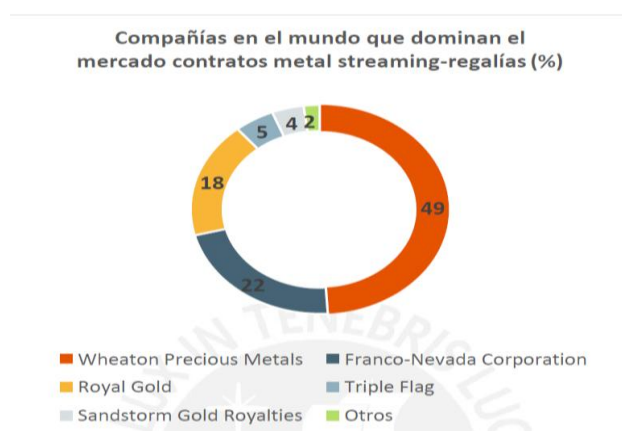
La mina asociada a ese tipo de contrato tiene un mayor tonelaje, para la inversión mínima estimada de la construcción es de 1.800 millones de USD, el capital inicial que los streamers están dispuestos a financiar debe cubrir al menos el 50% del capital total de inversión, en este de esta manera, la empresa minera reducirá el riesgo al momento de iniciar el proyecto.

2.11.6. Compañías en el mundo que tienen un contrato metal streaming

Desde 2012, los contratos de transmisión de metales han sido utilizados como una manera de financiar los proyectos mineros, con la finalidad de optimizar y hacer rentable su producción. Los streamer que celebraron dichos acuerdos son: Franco-Nevada Corporation y Wheaton Metal Precious; Los cuales dominan el mercado de contratos en a nivel mundial (Figura 19). Las compañías mineras que tienen contratos de financiamiento en el Perú básicamente son empresas que cuentan con reservas de gran tonelaje cuyos derivados son oro y plata (Carrasco, 2022).

Figura 18

Principales compañías que usan metal streaming



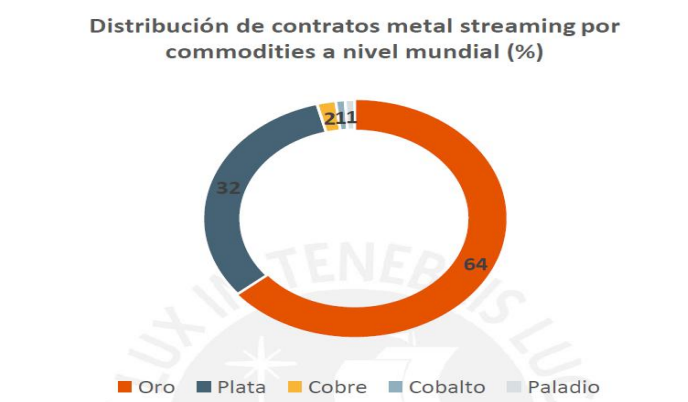
Fuente: Compañías internacionales con un contrato metal streaming (Modificado de Crooks, 2021).

2.11.7. Contratos metal streaming por commodities en el mundo (%)

Para los principales metales como el Au y Ag cuentan con una fuente de financiamiento de metal streaming del 14% de producción total de subproductos de Au y menor al 6% de subproductos de Ag a nivel nacional. Además, a nivel mundial el de mayor porcentaje es el Au que representa el 64% del commodity (Carrasco, 2022).

Figura 19

Metales donde se aplica metal streaming



Fuente: Contratos metal streaming por commodities en el mundo (Modificado de Crooks, 2021).

2.11.8. Wheaton Precious Metals

Los commodities que son parte del contrato son sub-productos de producción de un proyecto minero, convierten en capital ayudando a financiar a la mina. La empresa streamer evalúa los riesgos y factores de operación de la compañía minera, licencia social y riesgos políticos. Además, mediante visitas técnicas al proyecto minero comprueba estrategias de exploración, geología, las reservas probadas; así como las tecnologías de extracción y procesamiento (Carrasco, 2022)

Actualmente Wheaton tiene contratos metal streaming a nivel mundial con 23 minas en operación y 8 proyectos en etapa de desarrollo. En Perú las empresas mineras operativas que tienen contratos metal streaming son: Yauliyacu Antamina, y Constancia, y en desarrollo de proyectos

avanzados esta la unidad minera Cotabambas. Los 8 proyectos mineros actuales que tienen un contrato metal streaming son del continente americano, ya que el nivel de riesgo relacionado al desarrollo de la industria minera se encuentra en los países de: Perú, Brasil, Chile, EE.UU. y Canadá (Carrasco, 2022).

2.11.9. Proyecto minero cotabambas

Para este análisis, el acuerdo firmado en enero de 2016 entre Silver Wheaton Ltd y Panoro Minerals Ltd, en dicho contrato SilverWheaton acordó pagar a Panoro un total de US\$ 140 millones por 25% de la producción de Au y 100% de la producción de Ag del proyecto Cotabambas. Wheaton determinó pagar un precio menor en comparación con los precios de los commodities (Au y Ag) en el mercado mundial, estos precios acordados fueron de 450 US\$/oz de Au y 5.9 US\$/oz de Ag durante la duración del proyecto (Panoro, 2016). Panoro tiene derecho a recibir US\$ 14 millones distribuidos hasta por 9 años como pago.

2.11.10. Mina Constancia

Para el análisis se empleará el acuerdo firmado en agosto del 2012 entre Hudbay Minerals Inc. y Silver Wheaton Ltd., el cual hace constar, según (Carrasco, 2022) (Carrasco, 2022)

Que la empresa Silver Wheaton pagará a Hudbay una contraprestación en efectivo de US\$ 750 millones por el 100% de la producción de plata, entregando un pago por adelantado de US\$ 500 millones y otros dos pagos de US\$ 125 millones cuando se realizaron los gastos mínimos de capital. Para este caso Wheaton definió un pago de 5.9 US\$/oz de Ag (Carrasco, 2022).

2.11.11. Unidad minera cerro lindo.

La ejecución de la operación “streaming silver” estará a cargo de Milpo UK Limited (Milpo UK), filial de la compañía en el Reino Unido, y Triple Flag Mining Ltd., mediante la celebración de un contrato de compra frente a la plata.

Streaming es un mecanismo de financiamiento alternativo que proporciona un pago inicial a los mineros a cambio de un porcentaje o la totalidad de los metales secundarios que produzcan en el futuro por un precio mínimo.

Más específicamente, la actividad incluirá la venta esperada de 65% de plata por pagar, porcentaje reducido al 25% tras la entrega de 19,5 millones de onzas de plata por pagar, en relación con la producción de la minera Cerro Lindo - Zona Sur, por un total de \$250 millones, recibidos por adelantado, más un pago del 10% del precio de mercado futuro cuando se entreguen las onzas de plata vencidas y dentro del plazo mínimo de 40 años.

Cabe señalar que los recursos correspondientes al hilo anterior serán destinados a las actividades y posibles proyectos de la empresa y sus filiales.

3. Referencias bibliográficas

Carrasco, C. F. (2022). *Contrato Metal Streaming, Opción De Financiamiento En*. Lima.

Dirven , B. B., Pérez, R., Cáceres, R. J., Tito, A. T., Gómez , R. K., & Ticona, A. (2018). *El desarrollo rural establecido en las áreas Vulnerables*. Lima: Colección Racso.

Gadea, M. F. (2018). Metal Streaming: Método Alternativo de Financiamiento de Proyectos Mineros. *Columnas, Corporativo, Estudio Rebaza Alcázar & De Las Casas, Privado*, 5.

Minas, M. d. (Noviembre de 2021). *www.gob.pe/minem*. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minem/informes-publicaciones/2468934-cartera-de-proyectos-de-construccion-de-mina-2021>

Monk, A. H. (2014). Understanding Streaming Agreements. *Dentons Canada LLP*, 17.

Tovar, G. L. (1986). *El asentamiento y la segregación de los Blancos y Mestizos*. Bogotá: Cengage.