



UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL NORTE

**ESCUELA DE NEGOCIOS MINEROS
MAGÍSTER EN GESTIÓN MINERA**



**“EVALUACION DE LA FACTIBILIDAD ECONOMICA
DE LA IMPLEMENTACION DE UN SEGUNDO DUMP
DE RIPIO PARA EL PROYECTO DE PILA DINAMICA
EN MINERA ESCONDIDA”**

*Proyecto de tesina presentado como parte de la Actividad
de Titulación para optar al grado académico de Magíster
en Gestión Minera.*

Profesor Guía: Fernando Alvarez

**ALEXIS BÓRQUEZ
IVÁN ROBLES
VICTOR SANTA CRUZ**

Antofagasta, Diciembre del 2011.

RESUMEN

La presente memoria tuvo por objetivo general evaluar la factibilidad económica de la opción de incorporar un segundo sistema de apilamiento de ripio (segundo Dump) cuyo efecto directo es la continuidad operacional para el área de apilamiento. Para la consecución de este objetivo y los objetivos específicos, se analizaron los antecedentes técnicos para establecer los componentes económicos de esta decisión, para luego, elaborar los flujos de caja netos incrementales y estimar, por medio de las herramientas de la evaluación de proyectos, su viabilidad económica.

El primer paso consistió en la búsqueda de bibliografía referente a métodos y procesos de lixiviación enfocando la búsqueda a los relacionados con la lixiviación dinámica. A su vez, se revisó la teoría referida a la evaluación de inversiones y proyectos. Con esta revisión, sumado a reuniones con personal especialista en el área, se configuró el panorama técnico respecto de los datos necesarios para llevar a cabo la evaluación.

En conclusión, el proyecto es viable debido a que su VAN alcanzó un monto de MM\$US 61,35, con una TIR cinco veces superior al costo de capital de la empresa. Las variables de mayor importancia en los resultados de la evaluación lo configuran el precio de la libra de cobre, el costo de producción de una libra de cobre, el número de días y la capacidad de recuperación de cobre en los días en que opere el segundo Dump. Dentro de estas variables, la más incidente fue el precio de la libra de cobre, debido a que el efecto observado sobre el VAN es MM\$US 1,4 cuando su valor base cambia en un 1%.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	6
CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES.....	7
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	11
2.1 Desarrollo Histórico de la Tecnología de Lixiviación.....	11
2.1.1 Proceso de Lixiviación.....	15
2.1.2 Lixiviación de Lecho Fijo o por Percolación.....	15
2.1.3 Lixiviación por Agitación.....	17
2.1.4 Lixiviación en Pilas.....	17
2.2 Conceptos Básicos sobre Evaluación de Proyectos.....	21
2.3 Etapas en la Evaluación de un Proyecto.....	24
2.4 Fases de un Proyecto.....	25
2.5 Estudio de Viabilidad dentro de la Evaluación de un Proyecto.....	26
2.6 Evaluación de un Proyecto.....	27
2.7 Estudios y Análisis dentro de la Evaluación de un Proyecto.....	29
2.7.1 Estudio de Mercado.....	29
2.7.2 Estudio Técnico.....	34
2.7.3 Localización o Ubicación del Proyecto.....	34
2.7.4 Estudio Legal.....	35
2.7.5 Estudio de Organización / Administración.....	35
2.7.6 Estudio Financiero.....	36
2.7.7 Estudio Económico.....	36
2.8 Flujos de Caja de un Proyecto.....	37
2.8.1 Indicadores para la Evaluación de Proyectos.....	39
2.8.2 Comparación del VAN y de la TIR.....	41
2.8.3 Otras Técnicas de Evaluación de Inversiones.....	42
2.9 Evaluación de Inversiones con Incertidumbre.....	43

2.9.1 Simulación de Montecarlo.....	46
2.9.2 Análisis del Árbol de Decisiones.....	47
2.10 Sensibilización.....	48
2.10.1 Modelo Unidimensional de la Sensibilización del VAN.....	49
2.10.2 Modelo Multidimensional de la Sensibilización del VAN.....	50
2.11 Análisis Incremental.....	50
CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1 Tipos de Estudio.....	52
3.1.1 Estudio Exploratorio.....	52
3.1.2 Estudio Descriptivo.....	53
3.2 Justificación del Estudio Aplicado a la Investigación.....	53
3.3 Unidad de Análisis.....	55
3.4 Recolección de Datos.....	55
3.5 Herramientas de Análisis y Obtención de Resultados.....	56
CAPÍTULO 4: ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL NUEVO BOTADERO	
4.1 Criterio de Diseño.....	58
4.2 Descripción de Alternativas.....	59
4.2.1 Alternativa 1.....	61
4.2.2 Alternativa 2.....	61
4.2.3 alternativa 3.....	62
4.3 Estimación de Costos para las Alternativas.....	63
4.4 Supuestos Básicos para la Evaluación.....	67
4.5 Flujos de Caja del Proyecto.....	68
4.6 Evaluación Económica.....	70
4.7 Sensibilización.....	70
4.8 Resultados de la Evaluación Económica.....	71
CONCLUSIONES.....	74

BIBLIOGRAFÍA..... 75

INTRODUCCIÓN

En vista de la necesidad de saber el efecto económico que tiene mantener la continuidad del proceso productivo por medio de la habilitación de segundo Dump, es que se hace necesario evaluar económicamente los desembolsos y beneficios incrementales que genera este proyecto, así como también, establecer los valores críticos de las variables que inciden en la consecución del resultado económico estimado.

Para tal efecto, la memoria está compuesta de cuatro capítulos considerando. El primero, que contiene antecedentes generales de Minera Escondida y el contexto de sus inversiones. El segundo, describe el marco teórico que sustenta los resultados y conclusiones obtenidas de la revisión de la literatura y de los antecedentes técnicos del proceso. El tercer capítulo, contiene los antecedentes técnicos referidos al proceso de lixiviación, y el cuarto capítulo, expone los antecedentes sobre el estudio técnico y económico de la ubicación y costos del nuevo botadero. Por último, se suman al finalizar los capítulos, las conclusiones sobre el objetivo general planteado.

Es importante destacar que dentro de las limitaciones relevantes de este estudio es que una parte importante de los antecedentes tienen una connotación de estratégicos para la empresa y por ende se debió tomar los resguardos respecto del debido resguardo de su confidencialidad.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES GENERALES

La planta de óxidos de Minera Escondida comenzó sus operaciones en septiembre de 1998, obteniendo su primera cosecha el 19 de Noviembre del mismo año. La meta del diseño de 125.000 toneladas métricas por año fue excedido al segundo mes de operación. Durante los últimos doce meses, mejoramientos operacionales dieron como resultado una producción anual de 141.000 toneladas métricas por año.

Posteriormente se realizó una proposición de “Optimización del Proyecto Óxido” para elevar la capacidad de producción a 150.000 toneladas métricas operando la nave de electroobtención con una densidad normal de 285 Amp/m², lo que representa un aumento del 10% respecto al caso base, operando con 480 celdas de electro-obtención lo que implica un incremento del 9% de la capacidad respecto al caso base.

La inversión inicial del proyecto se estima alcanzó los US\$ 7,095 millones seguido por una inversión adicional de US\$ 4,9 millones para el año 2005.

Las instalaciones contempladas para el beneficio del mineral oxidado están ubicadas al poniente del rajo existente. Esta zona presentó características ventajosas para la construcción de las pilas en lo relativo al área requerida y a la pendiente adecuada que tiene naturalmente el terreno.

El mineral obtenido es reducido de tamaño para ser luego transportado mediante correas a una zona de acopio cubierta. Desde este punto se mezcla el mineral con alto y bajo contenido de arcillas, para su consiguiente reducción de tamaño mediante chancado secundario y terciario. El material fino obtenido se mezcla con agua y ácido sulfúrico para aglomerar y otorgar 10% de humedad al mineral.

El proyecto base consideró la construcción de dos pilas con el mineral aglomerado, las que ocuparían áreas de 930 x 1.910 m (base A) y 940 x 1.780 m (base B),

respectivamente, contando en su fondo con un sistema de impermeabilización en base a una geomembrana de 1,5 mm de espesor. Durante la vida del proyecto, el apilamiento se realiza a través de franjas de 6 metros de altura en cada nivel logrando una altura final de 90 metros de la pila. El diseño asegura la estabilidad de cada nivel de la pila bajo condiciones estáticas y dinámicas.

La vida útil del proyecto en lo relativo a extracción y beneficio de óxidos fue calculado en 14 años. La producción será de 125.000 tpa de cátodos, y serán exportados a través del puerto de Antofagasta.

Minera Escondida (óxidos), lleva a cabo a la fecha por medio del proceso denominado Lixiviación en pila estática (anteriormente descrito). Este tipo de proceso, tiene considerado concluir en Abril del 2014 fecha en que se termina de ocupar su máxima capacidad (140.000.000 ton). Dado lo anterior, la Compañía ha decidido, junto al traslado de la zona de apilamiento, el cambio a un sistema de lixiviación en pila dinámica.

Figura 1. Imagen de un Apilador.



Fuente: Minería del Cobre.

En ambos procesos, el actual (Pila estática) y el nuevo (Pila dinámica), la Compañía deja de producir por concepto de días al año por restricciones operativas de los métodos de apilamiento, conceptos que corresponden a lo siguiente:

- En el caso de la Lixiviación en Pila Estática (proceso actual), el proceso de apilamiento considera una correa transportadora Shiftable y un Spreader, que luego de completar una franja y un nivel, debe ser reposicionada para reiniciar nuevamente el apilamiento de mineral. En este tipo de proceso productivo, el estéril queda en la cancha o pila como residuo (Ripio) del proceso de lixiviación.
- En el caso de la Lixiviación en Pila Dinámica (nuevo proyecto), el estéril (ripió) debe ser retirado de la pila de lixiviación para ser apilado en otra cancha destinada específicamente a este residuo (Dump). El retiro, transporte y apilamiento del ripio se realizará usando un método similar al del apilamiento de mineral del proceso de Lixiviación Estática, debiendo trasladarse cada cierto tiempo la correa transportadora shiftable y el spreader, para continuar con el proceso de producción.

A nivel mundial, el proceso de Lixiviación en Pila Dinámica (método de procesamiento continuo), no ha resuelto la restricción que le impone la falta de continuidad en el proceso de eliminación del ripio de la pila hacia el botadero. En este nuevo proceso, existe un porcentaje del tiempo en donde no hay producción, debido a restricciones técnicas que involucran el cambio de la correa que transporta el ripio cambios en el mismo nivel y niveles superiores. Para mantener la continuidad del proceso de producción, se está evaluando la habilitación de un nuevo botadero denominado Segundo Dump, reutilizando los equipos actuales, que trabaje en línea con los equipos nuevos del nuevo proyecto, permitiendo de esta manera, dar continuidad al procesamiento del mineral, y por tanto, a la producción de óxido.

A continuación se describen los objetivos sobre los cuales se desarrollará el presente trabajo, considerando para ello el problema identificado precedentemente:

a) Objeto de Estudio

Optimización del proceso de Lixiviación en Pila Dinámica.

Hipótesis: La reducción de días por medio de la incorporación de un segundo Dump de ripo incluyendo sus equipos asociados, produce excedentes netos para la Compañía.

b) Objetivos**i. Objetivo General**

Evaluar la factibilidad económica de la opción de incorporación de un segundo sistema de apilamiento de ripo redundante que le de continuidad al proceso de Lixiviación Dinámica.

ii. Objetivos Específicos

- Describir el proceso y la innovación en este tipo de operaciones mineras a aplicar en este estudio (marco teórico)
- Establecer los parámetros de producción asociados a este nuevo proyecto y el efecto de los mismos sobre la producción en 3 escenarios posibles
- Estimar los flujos de caja efectivos del nuevo proyecto.
- Aplicar la(s) herramienta(s) de evaluación de inversiones conforme a la naturaleza del nuevo proyecto y a la industria de la minería.
- Sensibilizar los parámetros relevantes que permitan establecer las condiciones mínimas de operación para que esta ésta sea rentable.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

El presente capítulo contiene los fundamentos teóricos sobre los cuales se sustentará el trabajo de investigación. En particular, se inicia describiendo históricamente el desarrollo de la tecnología de lixiviación, para luego desarrollar el concepto de las decisiones bajo certeza e incertidumbre, y de las técnicas que permiten la evaluación objetiva de las inversiones desarrolladas por privados.

2.1. Desarrollo Histórico de la Tecnología de Lixiviación

La tecnología actual de lixiviación de metales preciosos se ha desarrollado ampliamente desde mediados de la década del 70, aunque los principios de lixiviación así como los de extracción de oro mediante cianuración tienen una larga historia. Sin embargo, es en los últimos 20 años que la lixiviación se ha desarrollado hasta llegar a ser un método eficiente para extraer metales preciosos de depósitos pequeños y poco profundos.

Una desventaja de la tecnología de lixiviación en pilas actualmente existente es la reducción potencial del porcentaje de extracción de metales que se obtiene del mineral en comparación con lo que sucedería con la lixiviación convencional (Potter, 1981; Hiskey, 1985; Thorstad, 1987).

El principio real de la lixiviación en pilas tiene una larga historia, como se infirió anteriormente. Por ejemplo: las minas de Hungría reciclaban las soluciones que llevaban cobre a pilas de mineral de baja ley a mediados del siglo XVI (Hiskey, 1985) y los mineros españoles percolaban soluciones ácidas en grandes pilas de mineral oxidado de cobre en Río Tinto en 1752 aproximadamente. Alrededor del año 1900, las operaciones de lixiviación fueron empleando técnicas como los ciclos de lixiviación/reposo para maximizar la recuperación de cobre (J.H. Taylor, 1942; Thorstad, 1987). La lixiviación de pilas y botaderos de cobre se practica actualmente a nivel mundial en el caso de minerales de baja ley. Adicionalmente, los productores de uranio han venido practicando

la lixiviación en pilas mediante soluciones ácidas y alcalinas desde fines de la década del 50.

La extracción de oro mediante cianuración llegó a ser un proceso comercial a través del trabajo pionero de dos hermanos escoceses, los doctores Robert y William Forrest, conjuntamente con John S. MacArthur, químico autodidacta. Estos hombres, experimentando por años en un laboratorio casero en Escocia, buscaban encontrar un proceso mejorado para recuperar el oro de los minerales complejos (Von Michaelis, 1985). Tuvieron éxito en su búsqueda y en 1887 se les emitió la Patente Británica 14.174. Posteriormente se emitieron las Patentes Estadounidenses 403.202 y 418.137 para estos tres hombres en 1889 (Hiskey, 1985). El proceso que abarcaban estas patentes incluía la agitación de pulpa ante la presencia de aire, seguido de precipitación con polvo de zinc de la solución filtrada de oro y cianuro (Von Michaelis, 1985).

La lixiviación de minerales de metales preciosos empleando el proceso de cianuración fue inicialmente sugerida por la Dirección de Minas de EE.UU. en 1967 (Thorstad, 1987). La primera aplicación de lixiviación comercial se efectuó a fines de los años 60 por parte de Carlin Gold Mining Company al norte de Nevada (Hiskey, 1985).

Cortez Gold Mines inició la primera operación a gran escala a principios de los años 70 lixiviando dos millones de toneladas de oro de ley marginal (Thorstad, 1987).

A mediados de la década del 70, se perfeccionó la tecnología de lixiviación en pilas con el fin de tratar depósitos arcillosos de baja ley. Las mejoras, tales como la lixiviación en pilas usando aglomeración, fueron puestas en marcha por el aumento de la exploración de depósitos de baja ley, ya que el precio del oro aumentaba drásticamente. Muchos de los depósitos descubiertos no pudieron ser procesados mediante las técnicas convencionales de lixiviación porque las arcillas o finos generados durante la trituración impedían la percolación uniforme de la solución a través de las pilas de mineral (H.J. Heinen, 1979; G.E. McClelland, 1981; G.E. McClelland S. P., 1983). La tecnología de

lixiviación en pilas usando aglomeración es aplicable a la mayoría de minerales y relaves de flotación.

Los resultados de las mejoras tecnológicas que se han producido a través de los años 70 y en los años 80 pueden apreciarse en los drásticos aumentos del nivel de producción.

La lixiviación en pilas es una técnica muy antigua para extraer cobre. La primera operación registrada de cobre a gran escala mediante lixiviación fue en Río Tinto, España aproximadamente en 1752 (J.H. Taylor, 1942).

Los primeros procesos mineros en realidad pudieron haber utilizado alguna variación de lo que conocemos hoy para recuperar el cobre de las sales solubles. La lixiviación de botaderos de cobre en la parte occidental de EE.UU. se inició poco después del desarrollo de minas a tajo abierto a gran escala por Jackling en 1904 en Bingham Canyon. Todos los componentes necesarios estaban en posición de establecer un ciclo de lixiviación de cobre. Sin embargo, los esfuerzos serios para explotar la lixiviación de botaderos probablemente comenzaron en la década del 30 y 40.

Durante los últimos años, ha habido una tremenda expansión de la lixiviación de botaderos. En el Cuadro A.1 (a-c) (Hiskey, 1985) se presentan algunas notas históricas referentes a las minas de solución de cobre.

Algunas innovaciones técnicas en los últimos años han aumentado la importancia de la minería de soluciones como un proceso para la recuperación de cobre. Entre éstas se incluye: avances en extracción por solventes/electrodeposición (SX/EW); innovaciones en los procesos de curado con ácido y ácido férrico para los minerales oxidados y mixtos; y, mejoras en la construcción de pilas y botaderos.

La extracción por solventes ha cumplido una función importante en los intereses actuales de la hidrometalurgia de cobre. En general, las soluciones impuras

relativamente diluidas y que contienen cobre se producen en la etapa de lixiviación. La extracción por solventes facilita la producción de un electrolito rico y puro que puede dirigirse hacia la casa de tanques donde el cobre puede ser electro-depositado como cátodos de alta pureza. La extracción por solventes ha hecho posible la producción de cátodos electro-depositados de alta calidad que pueden competir directamente con cátodos electro-refinados. En el pasado, la precipitación con chatarra de hierro era el método de recuperación establecido, esta alternativa producía cobre impuro que requería fundición y una posterior refinación para obtener cobre. La extracción de solventes proporcionó la interface entre la lixiviación y la recuperación final de metal (Hiskey, 1985).

Geológicamente los yacimientos de cobre en Chile, caen dentro de los denominados pórfidos cupríferos. Estos yacimientos de origen volcánico se encuentran inicialmente como sulfuros. En la parte superior que se expone a la acción de la atmosférica, se produce una lixiviación y oxidación de las especies sulfuradas, la que da como resultado una capa de mineral oxidado. Por debajo de esta capa se encuentra una zona de enriquecimiento secundaria con predominio de sulfuros secundarios (calcosina, covelina, bornita), en cambio en el área más abajo, se encuentra un área denominada sulfuros primarios (pirita, calcopirita).

Conforme a las condiciones químicas del cobre, es que se han desarrollado distintos tipos de procesos que se diferencian respecto de la recuperación de cobre por medio de minerales oxidados y sulfurados; ocupándose procesos de lixiviación ácida para los óxidos (debido a que éstos solo requieren una variación en las condiciones de acidez para disolverse), y procesos de concentración y fundición para sulfuros.

Actualmente en Chile se utilizan procesos de lixiviación en pilas para minerales oxidados y mixtos de cobre (óxidos y sulfuros). La primera tecnología es bastante conocida, y considera la disolución fácil y rápida del cobre por ácido sulfúrico, en

cambio en la segunda, la cinética para disolver los sulfuros de cobre es mucho más lenta. Éstos se disuelven en presencia de un potente agente oxidante como el ion férrico.

Los siguientes puntos buscan entregar los conceptos generales del proceso de lixiviación y las características técnicas tanto de la lixiviación en pila como de la lixiviación dinámica.

2.1.1. Procesos de Lixiviación

La lixiviación o extracción sólido-líquido, es un proceso en el que un disolvente líquido pasa a través de un sólido pulverizado para que se produzca la eloción de uno o más de los componentes solubles del sólido.

La lixiviación puede efectuarse en los siguientes tipos de procesos, dependiendo de la concentración de la ley del mineral, y de las características químicas y mineralógicas de éste:

2.1.2. Lixiviación de Lecho Fijo o por Percolación (Lillo, 1994)

El mineral es colocado en una capa la cual es regada por una solución. El componente lixivante de la solución toma contacto con la capa mineral y en su descenso, disuelve el mineral buscado. Esta mezcla que se forma en la decantación del solvente, es extraída en la base de esta capa. En los procesos mencionados es posible distinguir:

2.1.2.1.Lixiviación in situ

Contempla la utilización del proceso de lixiviación en una mena fracturada dentro del yacimiento del mineral. Esta mena fracturada puede ser de baja ley que no ha sido extraído en la explotación quedando en su lugar original, o a su vez puede corresponder a cuerpos mineralizados que no se pueden explotar por medio de métodos

convencionales. De acuerdo a lo indicado, la zona a lixiviar será superficial o subterránea. Los tiempos pueden variar de meses hasta año.

2.1.2.2.Lixiviación en bateas

La lixiviación en bateas busca contactar un el mineral con una solución que percola e inunda la batea que lo contiene, la cual está tiene un fondo falso que se cubre con un medio filtrante. La forma del fondo del mineral está determinada por esta batea. Este método tiene muy buenos resultados en los casos en que el mineral a lixiviar tenga alta ley en óxidos y mineralización expuesta, mucha porosidad, baja generación de fino en el proceso de chancado y el ataque químico, baja contención de humedad y mínima compactación. Los tiempos son de varios días.

2.1.2.3.Lixiviación en botaderos

Este método se aplica para minerales de cobre que cuenten con leyes marginales (menores a 0.6%) lo cual implica manejar grandes volúmenes de mineral los cuales son depositados sobre la superficie del lugar, aprovechando de esta manera las pendientes que ayudarán al drenaje de las soluciones. El solvente es aplicado encima de la superficie, por medio de un sistema de distribución por gravedad. Los tiempos son de varios años y su recuperación alcanza entre el 20% y 50%.

2.1.2.4.Lixiviación en pilas

La lixiviación en pilar se lleva a cabo por medio de la percolación de la solución por medio de un mineral chancado y apilado, el que es aplicado sobre un terreno inicialmente impermeabilizado. En la base de la pila artificial, se crea una pendiente que permita el escurrimiento del solvente con el mineral, y que luego decante en canaletas de recolección de la solución. En método de aplicación del solvente es por riego por goteo o aspersión. La solución canalizada, se recolecta en un estanque para más tarde ser

derivada a la etapa de recuperación del metal. Este método se utiliza sobre minerales que tienen alta ley, puesto que es de costos muy altos tanto en la operación como en el traslado. Los tiempos asociados a este método son de varias semanas en el caso de minerales oxidados y varios meses en el caso de sulfuros.

2.1.3. Lixiviación por Agitación

La lixiviación por agitación solo se aplica a material molido finamente, y se realiza ocupando reactores aireados y agitados.

Este método permite contar con un gran manejo y control del proceso de lixiviación. Además, el tiempo de extracción del metal es mucho mayor a los descritos precedentemente. Es un método de alto costo puesto que considera los costos de la molienda.

A continuación se detalla el proceso de lixiviación en pilas sobre el cual se centra el presente trabajo.

2.1.4. Lixiviación en Pilas

Este método de lixiviación permite extraer metales por percolación de una solución a través de un lecho o pila de mineral. De esta manera, se obtiene una solución cargada en metales y otros iones la cual posteriormente se procede a recuperar.

Antes de la formación de la pila, el mineral es chancado para obtener una adecuada granulometría que permita una rápida y óptima lixiviación. Generalmente se utiliza una granulometría de $-1/4''$ hasta $-3/4''$ (Canello, 1995; Kelley, 1995; Montealegre, 1995; Natumen, 1995). La elección de la granulometría dependerá del mineral a tratar.

La existencia de finos y lamas en la base de la pila genera deficiencias en la fluido dinámico, puesto que existe una migración vertical de los finos durante esta operación, impidiendo de esta manera un flujo adecuado de la solución.

Las complicaciones que produce la permeabilidad originada por los finos, se resuelve por medio de la aglomeración del mineral. Este método consiste en la adhesión de partículas finas a las más gruesas que actúan como núcleos. Para que se produzca la unión de partículas, se necesita la participación de un agente aglomerante. En la lixiviación de cobre en pilas, el aglomerante utilizado es agua junto con ácido sulfúrico y aditivos. La incorporación de ácido permite que se sume una parte del agente lixivante en la aglomeración mejorando de esta manera, las características del aglomerado. La adición del ácido en el concentrado en el proceso de la aglomeración define un proceso adicional llamado curado ácido.

La sulfatación de los óxidos y algunos sulfuros al reaccionar con el ácido sulfúrico concentrado se produce en la etapa de curado. Estas reacciones se ven favorecidas al aumentar la temperatura que se produce en el sistema. El curado culmina con el reposo de uno a tres días lo que permite asegurar la reacción del ácido, para posteriormente comenzar la lixiviación del mineral.

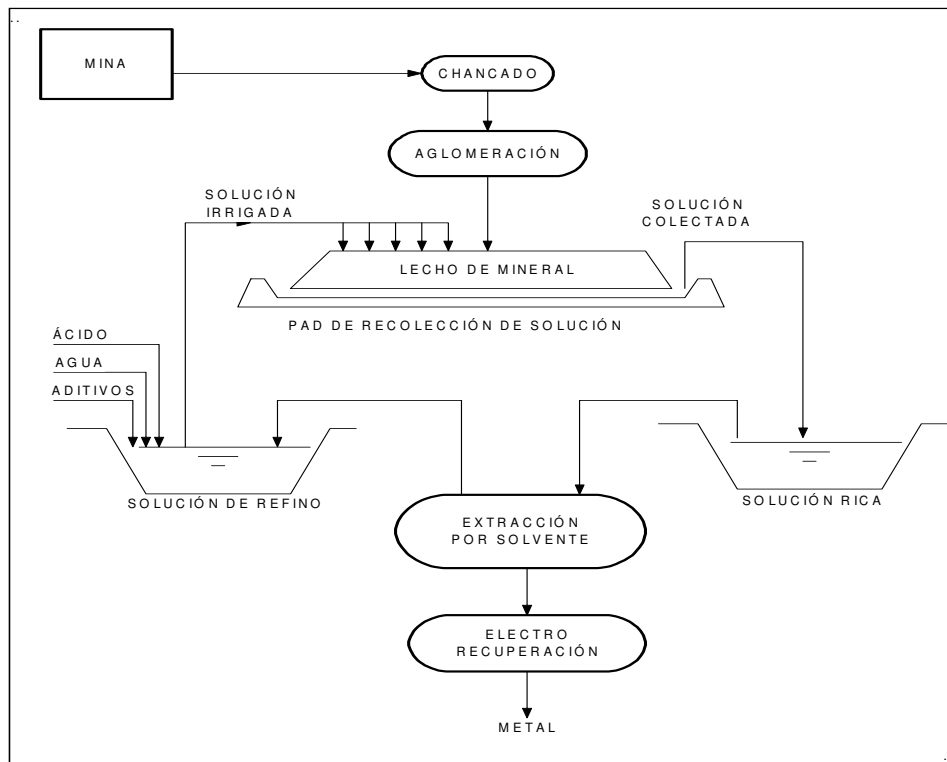
El proceso de aglomeración y curado es recomendado porque: mejora la permeabilidad del lecho, baja el tiempo de lixiviación, disminuye el consumo de lixiviantes, aumenta la concentración en el PLS, los ciclos de lavado son más efectivos y aumenta el porcentaje de extracción.

Luego que se ha aglomerado el mineral, se construye la pila asegurándose que la distribución del mineral sea homogénea, dejándose de esta manera reposar por algunos días. Este tiempo de reposo se denomina curado y permite la sulfatación de los óxidos existentes. Posteriormente, la pila es regada con la solución lixivante por medio de sistemas de goteo, los cuales usan tasas de irrigación desde 5 a 40 lt/hr/m². Para el caso

de minerales oxidados, la irrigación es constante, en cambio para minerales mixtos o sulfurados, se utiliza un sistema de irrigación intermitente que permite una concentración de cobre más alta en la solución efluente, utilizando con ello un menor volumen de solución (Lillo, 1994).

Si en el proceso descrito se ocupa un circuito cerrado de solución, este es constantemente recirculada entre las etapas de recuperación de cobre y la pila. La ventaja de esto es el bajo consumo de ácido. El proceso típico de operación de este método se muestra en la siguiente figura.

Figura 2. Proceso de lixiviación en pilas, SX, EW.



Fuente: Minería del Cobre.

La altura de la pila es un factor importante de decisión y su elección depende de la permeabilidad de la pila, la aireación del sistema y la concentración esperada de la solución. En algunas situaciones, las pilas más pequeñas tienen mayor recuperación, sin

embargo se necesita mayor área para la superficie en donde estará asentada la pila lo cual es importante cuando la disponibilidad de terrenos es limitada. Dependiendo de los equipos que se ocupen y la estabilidad del talud, se establecen límites a la altura de la pila que son posibles de lograr.

Conforme a su modo de operación existen dos tipos de pilas, las estáticas y las dinámicas (Avendaño, 1995):

- **Pila Dinámica:** Considera la coexistencia de materiales que están en distintas etapas del ciclo del proceso productivo. De esta forma, consiste en reutilizar continuamente la misma área. El ripio (mineral agotado) se retira de esta área y se acopia en un botadero liberando el espacio para colocar nuevo mineral. Este método requiere de poco terreno, pero el lugar de asentamiento debe ser resistente, de modo de permitir el movimiento continuo del material en carga o descarga de las distintas zonas.
- **Pila Estática:** Implica someter de forma simultánea todo el mineral acopiado en el área a las diversas etapas del ciclo que consideran el curado, la lixiviación, el reposo y el lavado. Los tiempos de producción son variables y para mantener las condiciones de alimentación de extracción por solventes deben ser combinados diferentes ciclos de lixiviación.

Para los métodos mencionados, es posible combinar alguno de los siguientes métodos de construcción:

- **Pila Permanente:** En este método el mineral es depositado en la instalación y terminando el ciclo de tratamiento, este se mantiene pudiéndose utilizar nuevamente como base para acopiar una nueva pila encima de él o simplemente puede ser abandonada.
- **Pila Renovable:** En este método se carga el mineral apilado y luego de ser tratado, el mineral agotado es retirado para colocarse en botaderos. El mineral agotado retirado es reemplazado por nuevo mineral.

2.2. Conceptos Básicos sobre Evaluación de Proyectos

Hoy en día la Preparación, Formulación, Evaluación y Administración de Proyectos es un instrumento clave para la toma de decisión, que determina específicamente si un proyecto es viable de ser implementado y cómo éste será administrado y programado de modo de cumplir con los objetivos trazados, conforme al presupuesto de gasto e inversión previamente establecido.

Conforme a lo indicado surge la pregunta, ¿qué es un proyecto?. Un proyecto es una unidad operacional vinculada con recursos (monetarios, mano de obra, bienes de capital, materias primas, etc.), con un entorno o medio ambiente, con una actividad o giro, con un tamaño, con una ubicación o localización y, en general, con otros componentes que le otorgan la posibilidad de generar un beneficio futuro para el sector privado y para la sociedad. Es un conjunto de actividades interdependientes orientadas a un objetivo específico y con una duración predeterminada. Es una idea que se desea aterrizar y tangibilizar, es una iniciativa que se desea analizar, o bien, es una necesidad que se desea satisfacer. También un proyecto se puede entender como la búsqueda de una solución inteligente al planteamiento de un problema tendiente a resolver una necesidad o requerimiento. En general, un proyecto es algo que permite solucionar un problema o cubrir una necesidad, generando beneficios (Sapag, 2000).

Un proyecto obedece en su génesis o esencia a distintos precursores los cuales se mencionan a continuación:

- a) **Proyectos Productivos:** corresponden a unidades de negocio que entregan un producto o brindan un servicio específico. Por ejemplo, la implementación de una mina y planta que produce cátodos de cobre.

- b) **Proyectos de Infraestructura:** corresponden a iniciativas de construcción de edificios, carreteras, puentes, puertos, casas, bodegas, estacionamientos, etc. Por ejemplo, la obra de Costanera Center
- c) **Proyectos Sociales:** corresponden a iniciativas que generan bienestar en la Sociedad o Comunidad. Por ejemplo, los proyectos de planes de empleo que genera la Municipalidad.
- d) **Proyectos Estratégicos:** corresponden a iniciativas de proyectos misceláneos en los cuales los beneficios son indirectos y los desembolsos son claramente identificables. Por ejemplo: la adquisición e instalación de un equipo de sonido para música ambiental, casino para los empleados, sistema de seguridad de la Planta, etc.

El abanico de desarrollo de proyectos es muy amplio, entre estos se puede destacar:

- a) **Proyectos de Ampliación:** se analiza el aumento de la capacidad de producción y/o de operación.
- b) **Proyectos de Reemplazo o de Renovación:** se analiza el cambio de activos fijos o de equipamiento.
- c) **Proyecto Producto Nuevo:** se analiza la incorporación de una nueva línea de producto o de un nuevo servicio.
- d) **Proyecto de Fusión de Empresa:** se analiza la alternativa de adquisición de otra empresa o de otra unidad de negocio.
- e) **Proyectos de Exploración e Investigación:** se analiza el potencial de recursos que podría presentar una iniciativa. Por ejemplo, en la exploración minera, que es una actividad previa a la explotación, su busca cuantificar el total de recursos mineros que podría presentar un proyecto.

La preparación y evaluación de proyectos busca recopilar, identificar, analizar y crear en forma sistemática y objetiva un conjunto de antecedentes económicos que permitan

juzgar cualitativa y cuantitativamente las ventajas y desventajas de asignar recursos a una determinada iniciativa de inversión. En función de lo anterior se tomará una decisión respecto de implementar o no dicho proyecto. Mientras mayor sea la información generada para el análisis y evaluación, menor será el riesgo implícito que tiene la evaluación de proyecto. La evaluación de proyecto centrará su foco, análisis y preocupación en los Flujos de Caja Económicos futuros del proyecto, los cuales serán construidos en función de la información disponible y de acuerdo a los escenarios futuros planteados y proyectados.

A su vez, todo proyecto en su concepción, formulación, evaluación y desarrollo necesariamente deberá pasar por las siguientes cuatro fases o etapas del ciclo de vida del proyecto (Sapag, 2000):

a) Fase Conceptual

Esta fase contempla lo siguiente:

- Definición de la situación problema que se desea atacar.
- Definición de los objetivos y metas que se desean alcanzar.
- Análisis del entorno o medio ambiente en que se inserta y actúa el proyecto.
- Establecimiento de los recursos generales financieros necesarios para implementar y operar el proyecto.

b) Fase de Estructuración

Esta fase contempla los siguientes conceptos:

- Identificación de los recursos humanos y materiales necesarios para la ejecución del proyecto.
- Definición del equipo de trabajo y la estructura formal de operación.
- Programación de las etapas de trabajo, actividades relevantes y de los resultados esperados en cada una de ellas.
- Definición de los controles a realizar en cada etapa de trabajo.
- Programación de los recursos financieros por cada etapa de trabajo programada.

c) Fase de Ejecución

Esta fase considera los siguientes conceptos:

- Ejecución de las etapas de trabajo y de sus actividades relevantes.
- Asignación y utilización de los recursos financieros por cada etapa de trabajo.
- Elaboración de los informes operacionales parciales del estado de avance.
- Control del plan operacional etapa por etapa.
- Control presupuestario etapa por etapa.
- Definición de los planes de contingencia, de ser necesario.
- Ajuste de la programación de trabajo, de ser necesario.

d) Fase de Conclusión

Esta fase contempla los siguientes conceptos:

- Obtención de los resultados finales.
- Elaboración de los informes finales.
- Evaluación final de los resultados del proyecto a nivel operacional y financiero.
- Reasignación del recurso humano.
- Seguimiento del proceso de introducción del proyecto.

2.3. Etapas en la Evaluación de un Proyecto

Las principales actividades en el análisis de un proyecto son las siguientes:

Diagnóstico: se analizan las instancias tanto económicas como legales de que realmente existe un problema, necesidad o requerimiento. Interesa visualizar la situación con proyecto y sin proyecto.

Criterios Generales: establecimiento de las pautas generales y supuestos para la evaluación. Análisis del tipo de evaluación a realizar. Se estudia la situación base, es decir, situación con proyecto y sin proyecto. Es muy importante decidir cuál es el

escenario en el que se desarrollará el proyecto, hay que revisar el entorno económico y social en que se insertaría el proyecto.

Análisis de Factibilidad: aquí se debe recopilar, identificar, analizar y crear la información que sustente la generación y construcción del Flujo de Caja Económico pertinente, es decir, se deben establecer y proyectar los ingresos y egresos relevantes durante la vida del proyecto, también se deben definir las inversiones y el momento en el tiempo en que éstas ocurren. Finalmente se debe testear cómo cambia la situación del proyecto, si cambian los flujos de caja económicos en el tiempo, es decir, si cambian las condiciones correspondientes a los distintos escenarios futuros planteados y estudiados.

Evaluación: se debe proceder conforme si es una evaluación privada o social, y si la evaluación es económica o financiera. Finalmente hay que sensibilizar las variables más relevantes del proyecto y generar los indicadores para la toma de decisión, tales como, VAN (Valor Actual Neto), TIR (Tasa Interna de Retorno), PRI (Período de Recuperación de la Inversión), Punto de Equilibrio (en unidades y en ingresos), etc.

2.4. Fases de un Proyecto

Un proyecto en su evolución para su implementación y posterior puesta en marcha pasa por tres fases bien marcadas, éstas son:

- a) Pre - inversión:** esta fase contempla el desarrollo de los siguientes conceptos y/o temas previos a la puesta en marcha:
- Determinación de la conveniencia de llevar a cabo el proyecto.
 - Realización de los análisis y estudios previos necesarios para la puesta en marcha del proyecto.
 - Realización y solicitud de los permisos y autorizaciones municipales y gubernamentales necesarias para la construcción y operación del proyecto.

- Evaluación legal y técnica de los activos a ser adquiridos por el proyecto, tales como: terrenos, edificios, bodegas, etc.
 - En esta etapa se realizan las inversiones en Activos Nominales que corresponden a inversiones intangibles previas a la puesta en marcha del proyecto.
- b) Inversión:** esta fase contempla el desarrollo de los siguientes conceptos y/o temas:
- Ejecución de las inversiones relevantes del proyecto en función de su cronograma de realización, tenga presente que las inversiones pueden ocurrir previas a la puesta en marcha y durante la vida del proyecto.
 - Las inversiones son de 3 (tres) tipos: Inversión en Activos Nominales, Inversión en Activo Fijo e Inversión en Capital de Trabajo.
 - Ejecución del financiamiento en función de las alternativas seleccionadas.
- c) Operación:** esta fase contempla el desarrollo de los siguientes conceptos y/o temas:
- Estimación de la fecha de puesta en marcha.
 - Definición del período de marcha blanca.
 - Validación y ajustes del Plan Maestro de Operación (programa de actividades operacionales y presupuesto de operación).
 - Control y ajustes de las inversiones en activo fijo realizadas, principalmente, sobre el equipamiento de operación, tales como: líneas de producción que integran equipamiento automático o semi-automático, etc.

2.5. Estudios de Viabilidad dentro de la Evaluación de un Proyecto

Una evaluación de proyecto requiere de la definición y validación de los siguientes aspectos o temas:

- a) Viabilidad Técnica:** busca dar respuesta a si físicamente se puede hacer lo que el proyecto indica, es decir, revisar y validar la factibilidad técnica de la Operación / Producción (generación del producto y/o servicio).

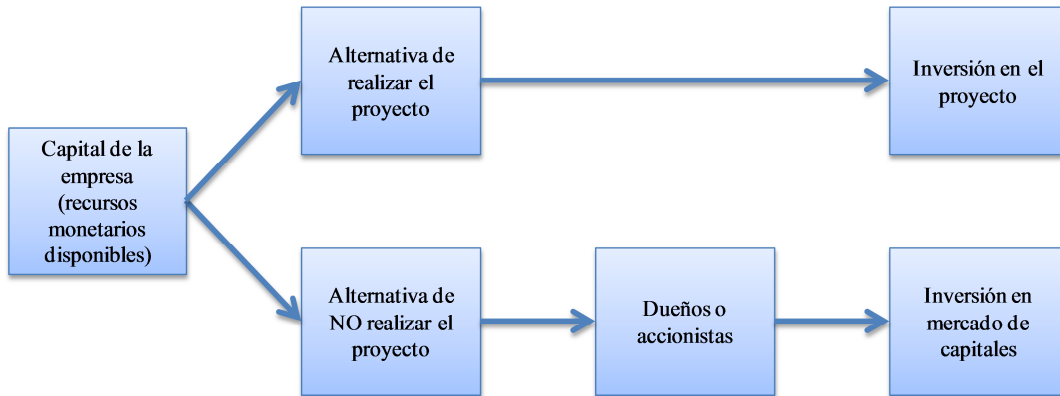
- b) **Viabilidad Legal:** busca dar respuesta a si existen impedimentos legales que afecten el normal funcionamiento del proyecto, es decir, revisar y validar la factibilidad jurídica de que el proyecto puede operar normalmente.
- c) **Viabilidad Económica:** busca dar respuesta a si es rentable hacer, implementar o desarrollar el proyecto, es decir, revisar y validar la factibilidad de que efectivamente es un negocio rentable que genera excedentes suficientes que hacen atractivo el proyecto.
- d) **Viabilidad de Gestión:** busca dar respuesta a si existen las capacidades gerenciales para emprenderlo, es decir, revisar y validar la factibilidad de organización y administración del proyecto relacionada con el equipo ejecutante o administrador del proyecto.
- e) **Viabilidad Política:** busca dar respuesta a si existe la voluntad de hacerlo, es decir, revisar y validar la factibilidad de que la idea es realmente un acierto que logra realmente satisfacer o cubrir una necesidad del mercado.
- f) **Viabilidad Ambiental:** busca dar respuesta a si existen impedimentos ambientales que impacten la operación del proyecto, es decir, revisar y validar la factibilidad ambiental de que el proyecto cumple satisfactoriamente con la normativa ambiental existente.

2.6. Evaluación de un Proyecto

Para evaluar un proyecto se debe cuantificar, en términos de flujo de dinero, sus beneficios y costos futuros pertinentes a cada período analizado, y luego se deben descontar o actualizar estos flujos de caja futuros a la tasa de costo de capital, moviéndolos al momento en que se inicia el proyecto, conocido como momento “cero” (hoy) de modo de hacerlos comparables uno con otros. Los Flujos de Caja Económicos deben ser descontados o actualizados a momento “cero”, es decir, deben ser llevados desde el futuro al presente (hoy) y ahí se pueden sumar para calcular el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto de inversión.

Dentro de la evaluación, una variable relevante a considerar y calcular es la Tasa de Descuento del proyecto. A través de esta tasa se actualizan todos los flujos futuros del proyecto a momento “cero”. En la práctica, la Tasa de Descuento corresponde al Costo de Oportunidad del Capital, o bien, Costo de Capital, que se va a exigir a las inversiones de la empresa por parte de los inversionistas. Cabe señalar que la Tasa de Descuento debe reflejar el valor del dinero en el tiempo y el riesgo implícito del proyecto (del mercado – de la industria). Otra variable a definir es el Horizonte de Evaluación o Plazo de Evaluación, normalmente expresado en años. Dentro de la evaluación propiamente tal, se recomienda no mezclar las decisiones de “Inversión” con las decisiones de “Financiamiento”. Por lo cual, los proyectos se deben evaluar suponiendo que son financiados con capital propio, esto es, sin deuda, y luego, si resultan rentables, se debe buscar la mejor alternativa para financiarlos. Es decir, primeramente se realiza una Evaluación Económica (Proyecto Puro) y luego se realiza una Evaluación Financiera (Proyecto Financiado).

El Costo de Oportunidad del Capital puede visualizarse o entenderse como la tasa esperada de retorno ofrecida en el mercado de capitales por otras inversiones con el mismo grado de riesgo que el proyecto en cuestión. Conceptualmente, el Costo de Capital está compuesto por una Tasa de Interés Libre de Riesgo más una Prima por Riesgo. Una empresa en marcha (en operación) siempre tiene un Costo de Capital que está impactado por su estructura de financiamiento. Un proyecto siempre competirá por recursos para financiarse, por lo cual, al destinar recursos a ese proyecto, se le deberá exigir a dichos recursos -a lo menos- una rentabilidad alternativa que estaría dada por el rendimiento de esos recursos en el mercado de capitales. Este concepto se grafica en el siguiente diagrama:

Figura 3. Decisiones de inversión.

Fuente: Elaboración propia a partir de Myers (1995).

2.7. Estudios y Análisis dentro de la Evaluación de un Proyecto

La evaluación de proyecto exige la realización de los siguientes “estudios y análisis”, estos son (Sapag, 2000):

2.7.1. Estudio de Mercado

Es útil para aterrizar y conocer los mercados con los que interactúa o se relaciona el proyecto y determinar la magnitud de la demanda enfrentada por el proyecto. Muestra ¿cómo interactúa o se articula la oferta (producción) y la demanda (consumo)? Es útil para estimar comportamientos futuros o tendencias del mercado, ya que interesa conocer la viabilidad de la idea desde el punto de vista legal y técnico, en relación al mercado que se enfrenta (nivel de aceptación).

La estructuración del mercado es un tema clave que se debe revisar, éste muestra, en términos generales, la siguiente información:

- ¿Cómo se estructura el mercado?
- ¿Cómo interactúa, cómo se articula o funciona la oferta y demanda? Es importante la historia.

- ¿Cómo se ponen de acuerdo (Cartel)?
- ¿Qué factores influyen en la demanda y en la oferta (factores críticos de éxito)?
- Su tamaño, tendencias y proyecciones de crecimiento.

Cabe señalar que el Estudio de Mercado es útil para estimar comportamientos futuros o tendencias. Es importante conocer el ciclo de vida del producto y en especial en qué etapa se encuentra el producto que se desea comercializar. A través de este estudio se puede identificar y estudiar los segmentos y nichos relevantes que debiera atacar el proyecto, los atributos o características que son valoradas por el consumidor y cómo materializar la venta del producto. En función de lo anterior, se puede realizar una proyección del mercado que permita obtener:

- Estimación del precio durante el período de evaluación.
- Estimación de la cantidad demandada durante el período de evaluación.

A través de la estructuración del mercado se estudian los niveles de mercado que van de lo general a lo particular:

Figura 4. Escalamiento en la Revisión del Mercado.



Fuente: Elaboración propia a partir de Sapag (2000)

Siempre se comienza estudiando el Mercado Global o General de modo de concluir estudiando los Nichos relevantes (si es que existen) al cual se dirigirá la oferta comercial

del proyecto (análisis tipo embudo). En la práctica, la realización del Estudio de Mercado contempla la revisión y estudio en detalle de los siguientes “mercados”:

a) El Mercado del Consumidor

Su estudio entregará información relacionada con:

- Cómo se articula la demanda, es decir, cómo es el comportamiento que tiene el consumidor con respecto al producto final ofrecido dado un precio, calidad, formato y servicio. Es decir, muestra cómo se toma la decisión de consumo o de compra.
- Características del consumidor (de cada segmento).
- Qué es lo que valora el consumidor (atributos y características).
- Magnitud de la demanda histórica.
- Tamaño del mercado actual (total en US\$ tranzado anualmente).
- Variables que influyen en la demanda (qué hace que la gente consuma más o menos).
- Cantidad demandada y proyección futura.
- Precio de referencia y proyección futura.
- Servicios complementarios que se brindan en dicho mercado.
- Estacionalidad de la demanda, si es que existe.

Este estudio pretende dar respuesta al Qué, Cuánto y Cuándo Hacer. Es útil en esta etapa hacer una “Prospección Comercial”.

b) El Mercado Competidor / Productor / Oferente

Su estudio entrega información relacionada con:

- La identificación de los productos que se transan en el mercado (oferta), sus características y diferencias, tales como:
 - Bienes similares
 - Bienes sustitutos
 - Bienes complementarios, como por ejemplo:
 - Arena, ripio y ladrillo

- Leche y cereales
- Café y azúcar
- La identificación del tipo de oferta existente, como por ejemplo:
 - Monopolio: (a) “Legal”, es donde el Estado autoriza la existencia de una sola empresa; (b) “Natural”, es en donde la cantidad de consumidores es la que justifica la existencia de una sola empresa.
 - Oligopolio: puede estar conformado por dos empresas grandes y varias pequeñas o por varias pequeñas. Éste fija el precio y se distribuye el mercado.
- La identificación de las características de la competencia:
 - La Competencia involucra los siguientes aspectos: intensidad de la rivalidad, barreras de entrada y de salida, cómo se compite en la industria, cómo se fija el precio (libre competencia, precio regulado, banda de precio), etc.
- La Magnitud de la oferta:

Aquí se debe identificar lo siguiente:

 - Los Oferentes (empresas) que participan en la industria y su participación de mercado. Estos oferentes pueden ser del tipo:
 - o Productores
 - o Mayoristas
 - o Minoristas
 - Niveles de producción y de importación.
 - Localización geográfica.
 - Cobertura de mercado (cómo tienen cubierto el mercado que atienden).

c) El Mercado de los Proveedores

Su estudio entrega información relacionada con:

- La identificación de cuáles son las materias primas e insumos críticos, quiénes los proveen, cuál es su ubicación geográfica (origen), precio de adquisición, descuento por volumen, sistema de pago, etc.
- ¿Existe poder negociador por parte del proveedor?

- El establecimiento de lotes mínimos de compra y su frecuencia de entrega.
- El “Lead Time” de compra (tiempo que transcurre desde que se coloca la orden de compra hasta que llega el producto a bodega).
- El conocimiento de los rendimientos y/o relación “Insumo – Materia Prima” a “Producto Terminado”.

d) El Mercado Distribuidor

Su estudio entrega información relacionada con:

- El Sistema de Comercialización existente:
 - o ¿Cuál es el canal de distribución?
 - Punto de venta propio.
 - A través de mayoristas y distribuidores.
 - Grandes tiendas, etc.
- La fuerza de venta que puede ser propia o externa.
- El precio de venta al cliente final y precio a los distribuidores.
- El sistema de venta que puede ser al contado o a crédito (es útil conocer la tasa de interés y los plazos).
- La publicidad y promoción requerida (aparecer en avisaje y catálogos).
- El posicionamiento de la empresa y del producto (conocido como la imagen de marca).
- Las Plazas y su cobertura.

e) El Mercado Externo

En el caso que el proyecto contemple la exportación de su producto al exterior Su estudio entregará información relacionada con:

- Los países y clientes que compran el producto.
- Las cantidades que se exportan.
- Los precios FOB y CIF.

2.7.2. Estudio Técnico

Es útil para aterrizar y conocer los aspectos técnicos del proyecto que dan cuenta del proceso operacional / productivo necesario para la fabricación del producto y/o servicio ofrecido por el proyecto. Además, permite estimar el equipamiento requerido por el proyecto y, por ende, conocer el tipo y magnitud de las inversiones a realizar por el proyecto. ¿Da respuesta a cómo se va a fabricar o producir lo que el mercado desea? Su estudio entregará información relacionada con:

- La definición del proceso operacional o productivo.
- La tecnología disponible.
- El equipamiento requerido (máquinas y herramientas).
- La infraestructura requerida (Facilities).
- El tamaño o escala del proyecto, es decir, con las unidades a producir período a período.
- La localización o ubicación del proyecto.
- Los costos operacionales, sean estos: Directos o Indirectos, o bien, Fijos o Variables.

2.7.3. Localización o Ubicación del Proyecto

De todas las formas, a nivel conceptual, la localización puede ser de tres tipos:

- Localización de carácter Dominante: No hay nada que hacer respecto a la localización, está en donde existe la fuente natural. Por ejemplo:
 - Yacimiento petrolero
 - Fuente de agua mineral
 - Proyecto minero
 - Etc.
- Localización de carácter Preferente: La decide el inversionista. No es el óptimo.
- Localización de carácter Industrial: Donde se encuentran las mayores ventajas, conforme a un análisis racional y objetivo.

2.7.4. Estudio Legal

Es útil para aterrizar y conocer los aspectos legales o jurídicos relacionados con la implementación y puesta en marcha del proyecto (que rodean al proyecto). Permite conocer y detallar tanto la normativa legal que debe cumplir el proyecto como los permisos o autorizaciones que se deben tramitar para poder funcionar con el proyecto. Su estudio entregará información relacionada con:

- Las normas y leyes que afectan a la industria en la que se desea participar y a los productos involucrados. Por ejemplo:
 - o Normas sanitarias y medio ambientales.
 - o Patentes y licencias comerciales.
 - o Autorización de comercialización de productos (es el caso de los productos farmacéuticos).
 - o Permisos de funcionamiento específicos (caso de la minería).

- La revisión de los títulos o escrituras de los activos relevantes a adquirir.

- La constitución de la Sociedad que administrará y ejecutará el proyecto. Por ejemplo:
 - o Definición del tipo de Sociedad.
 - o Constitución de la Sociedad.
 - o Publicación en el Diario Oficial.
 - o Inscripción en el Conservador de Bienes Raíces.
 - o Obtención de la Patente Municipal.

2.7.5. Estudio de Organización / Administración

Es útil para aterrizar y conocer los aspectos organizacionales y de administración requeridos para gestionar eficiente y efectivamente el proyecto en estudio. Además, permite levantar y detallar las capacidades de gestión y requerimientos internos necesarios para manejar el proyecto. Su estudio entregará información relacionada con:

- El equipo de trabajo (unidad ejecutora del proyecto) que debe conformarse para gestionar el proyecto.
- Estructura organizacional con la cual debe operar el proyecto.
- Perfiles y cargos de los integrantes del equipo y para el proyecto.
- Roles y responsabilidades de los integrantes del equipo y para el proyecto.
- Remuneraciones de mercado de los integrantes del equipo y para el proyecto.
- Servicios con terceros (outsourcing) que se podrían sub-contratar.
- Sistemas de información y de comunicación requeridos por el equipo de trabajo y por el proyecto.
- Sistemas de seguridad requeridos por el proyecto.

2.7.6. Estudio Financiero

Es útil para aterrizar y conocer las alternativas de financiamiento del proyecto. Permite definir la combinación de financiamiento a utilizar. Su estudio entregará información relacionada con:

- Las inversiones necesarias (inversión en activo fijo, inversión en activos nominales e inversión en capital de trabajo) y su calendario de inversión.
- Las fuentes de financiamiento disponibles y sus condiciones.
- Los recursos propios disponibles (capital propio que se puede destinar al proyecto).
- El Costo de capital / Costo de oportunidad del capital.
- La vida útil del proyecto (período de evaluación).
- El desarrollo o cuadro de pago de cada crédito a utilizar en el financiamiento desglosando los intereses y amortizaciones.

2.7.7. Estudio Económico

Es útil para aterrizar, conocer y cuantificar los beneficios del proyecto durante su vida útil. Es útil para tomar la decisión de realizar o no el proyecto. Si el proyecto no se hace,

éste se puede postergar o aplazar, o bien, reformular. Su estudio entregará información relacionada con:

- El tipo de evaluación a realizar.
- Los valores residuales de los activos sujetos a depreciación.
- Los valores de salvamento de los activos incorporados en el proyecto (valor comercial al momento de su venta).
- Los flujos de caja económicos futuros del proyecto período a período.
- Los criterios de evaluación y los supuestos de la evaluación.
- Los indicadores de la evaluación permitirán testear y validar el proyecto en sí.
- Las sensibilizaciones a realizar para dimensionar los diversos resultados a obtener debido a distintos escenarios considerados.

2.8. Flujos de Caja de un Proyecto

La información levantada en la etapa de Preparación y Formulación más los análisis, definiciones y creación de información realizados en la etapa de la evaluación propiamente tal, permiten o posibilitan la construcción de los flujos de caja económicos futuros del proyecto, lo cual es una actividad propia de la etapa de evaluación. Sin la construcción de estos flujos de caja, es imposible realizar la evaluación del proyecto y, por ende, tomar la decisión respecto del mismo.

El flujo de caja representa la distribución temporal de los costos y beneficios que se originan a lo largo de la vida del proyecto con ocasión de la operación del proyecto en sí. El flujo de caja debe capturar, considerar e integrar todos los costos y beneficios relevantes del proyecto que son afectados por la decisión que se analiza. Producto de lo anterior, el flujo de caja va a registrar -período a período- todos los ingresos que produce el proyecto (el negocio) y todos los costos, sean estos Directos e Indirectos, o bien, Fijos y Variables, generados por la operación del proyecto.

La proyección o estimación del flujo de caja constituye uno de los elementos más importantes del estudio de un proyecto, ya que la evaluación del mismo se efectuará sobre los resultados que en ellos se determinen. El flujo de caja de cualquier proyecto se compone de cuatro elementos básicos:

- a) Inversiones requeridas previas, durante y posterior a la puesta en marcha y operación del proyecto, tales como:
 - Inversiones en activo fijo (terreno, maquinarias, herramientas, vehículos, obras físicas, etc.).
 - Inversiones en capital de trabajo requerido para iniciar la operación del proyecto. Este es un flujo anticipado ya que se requiere en forma previa al inicio de las operaciones que deben ser financiadas.
 - Inversiones en activos nominales (que son activos intangibles) previos a la puesta en marcha, tales como: gastos de organización y puesta en marcha, etc.
- b) Los ingresos y egresos de operación o de explotación.
- c) Las reinversiones en activo fijo por concepto de reposición de máquinas y herramientas que finalizan su vida útil.
- d) Los valores de salvamento (valor de venta al momento de su liquidación o venta) correspondientes a los activos del proyecto.

Es importante considerar que el flujo de caja está asociado o relacionado a un momento en el tiempo y a una temporalidad, por ello, se pueden calcular flujos de caja mensuales, semestrales, anuales, etc. Normalmente se trabaja con flujos de caja anuales. Asimismo, para el cálculo del flujo de caja se supone que los eventos ocurren al final del período, por lo cual, se trabaja con flujos de caja “vencidos”. Por otra parte, el horizonte de evaluación o plazo de evaluación depende de las características de cada proyecto y del entorno en donde se desenvuelva. Por lo anterior, se evaluarán proyectos a 5 años, a 10, 20 ó 50 años (Sapag, 2000).

2.8.1. Indicadores para la Evaluación de Proyectos

La toma de decisiones debe estar sustentada en análisis racionales y objetivos. Por lo anterior, un proyecto será sometido a una serie de indicadores que permitirán evaluar sus bondades y tomar la decisión final respecto del mismo. A través de estos indicadores de evaluación de un proyecto que a continuación se describen, se podrá decidir sobre un proyecto o sobre un conjunto de ellos.

2.8.1.1.El Método del Reembolso o Periodo de Recuperación

El periodo del reembolso para un proyecto simplemente es el número de años que toma para recuperar el desembolso del dinero en efectivo inicial en un proyecto (NSapag Chain, 2000). Si los flujos fueran idénticos y constantes para cada periodo, la fórmula matemática se simplifica a la siguiente expresión:

$$PR = \frac{I_0}{BN}, \quad (1)$$

donde PR, es el periodo de recuperación, y expresa el número de periodos (en base al periodo del flujo), necesarios para recuperar la inversión inicial I_0 cuando los beneficios netos generados por el proyecto en cada periodo son BN.

La dificultad con el método del reembolso (periodo de recuperación) es que no considera todos los flujos de efectivo y omite el valor descontado, en caso en que se utilice la técnica de flujos descontados. El método del reembolso viola (por lo menos) las dos primeras de las cuatro propiedades que son deseables en las técnicas de presupuesto.

2.8.1.2. La Tasa Contable de Retorno

La tasa de retorno contable (TRC) es el promedio después de impuestos de las ganancias divididas por el desembolso inicial (Nassir Sapag Chain, 2000). Es muy similar a (y en algunos usos exactamente igual que) a la tasa de retorno sobre activos (ROA) o a la tasa de retorno sobre la inversión (ROI), padeciendo de las mismas deficiencias. Su expresión matemática es la siguiente:

$$TRC = \frac{BN}{I_0} , \quad (2)$$

donde:

TRC: la tasa de retorno contable, es una razón porcentual entre la utilidad esperada de un período (BN) y la inversión inicial requerida (I₀). El problema con la TRC es que usa las ganancias contables en lugar de los flujos de efectivo y no considera además, el valor del dinero en el tiempo.

2.8.1.3. El Valor Presente Neto

El valor actual neto (VAN) es el criterio que aceptará proyectos que tienen un VAN mayor que cero. El VAN calcula los flujos de efectivo descontados a una tasa de costo de oportunidad del capital. Matemáticamente, esto puede escribirse como:

$$VAN = \sum_{i=1}^n F\$/ (1+k)^t - I_0, \quad (3)$$

donde:

F\$: es el flujo de caja o efectivo neto del periodo t,

I₀: es el desembolso inicial,

k: es la medida promedio del costo del capital de la empresa, y

n: es el número de años de vida del proyecto.

El VAN de un proyecto es exactamente igual al incremento que experimenta la riqueza del accionista. Este factor hace que la regla de decisión del presupuesto de capital sea correcta (Weston, 1986).

2.8.1.4. La Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno (TIR) de un proyecto puede definirse como la tasa que iguala en el presente los flujos de efectivo con las salidas de fondos. En otras palabras, es la tasa que hace cero al VAN. Es la tasa de retorno sobre el capital invertido que el proyecto está devolviendo a la empresa. Matemáticamente, se obtiene la TIR haciendo cero al VAN:

$$\text{VAN} = 0 = \sum_{i=1}^n F\$_i / (1 + \text{TIR})^t - I_0. \quad (4)$$

Su resolución es por medio de ensayos y errores, o aplicando un procedimiento matemático. Los proyectos aceptados son aquellos cuya TIR supera el costo de capital de la empresa. Si bien la TIR considera los criterios que conducen a la maximización de la riqueza del accionista, carece de ciertos principios que le permitan ser objetivo como indicador que a continuación se tratan.

2.8.2. Comparación del VAN y de la TIR

El VAN y la TIR incorporan todos los flujos de caja y ambas técnicas consideran el valor del dinero en el tiempo. Sin embargo, el criterio del VAN es la única técnica que cumple con el principio de la tasa de reinversión, el de aditividad del valor, y no produce los problemas de interpretación como la T.I.R. cuando es posible calcular más de una tasa interna.

2.8.3. Otras Técnicas de Evaluación de Inversiones

A continuación se describen otras técnicas de presupuesto de capital que permiten evaluar proyectos sobre la base de otras perspectivas y situaciones.

2.8.3.1. Comparación de Alternativas usando el VAN cuando los Ingresos son constantes o se Desconocen

Cuando las alternativas que ejecutan esencialmente servicios idénticos sólo implican egresos conocidos de efectivo, es posible compararlas con base en el costo de valor presente. El método de estudio es igual al del VAN, por supuesto, la mejor es la alternativa que posea el costo de valor presente más bajo (Canada, 1997).

2.8.3.2. Método de Valor Anual (AW)

El término valor anual (AW) significa una serie anual uniforme de dinero para cierto periodo de tiempo que es equivalente en cantidad a un calendario particular de ingresos y/o egresos bajo consideración. Si sólo se consideran los egresos.

a) **Cálculo del Costo de Recuperación de Capital:** El costo de recuperación del capital (CR, por sus siglas en inglés) para un proyecto es el costo anual uniforme equivalente del capital invertido. Es una cantidad anual que cubre los siguientes aspectos:

- Depreciación (pérdida en el valor del activo).
- Interés (tasa de recuperación atractiva mínima) sobre el capital invertido.

Es posible demostrar que no importa cuál sea el método utilizado para calcular la depreciación, el costo anual equivalente de la recuperación del capital es el mismo (Canada, 1997).

- b) **Comparación de Alternativas Cuando se Conocen los Ingresos y Desembolsos:** Cuando se conocen las cifras de ingresos al igual que las de egresos de más de un proyecto mutuamente excluyentes, debe elegirse el proyecto con el valor anual neto más alto, siempre y cuando este valor sea mayor que o igual a cero (Canada, 1997).
- c) **Método de la Tasa de Recuperación Externa (ERR):** En los casos en los que se desea incorporar explícitamente la tasa de reinversión en los cálculos de la tasa de recuperación utilizando un método que produzca una solución única, se desarrolló un método de tasa de recuperación externa. Este método está limitado a una inversión única (flujo de efectivo negativo) y a una serie de recuperaciones uniformes (flujos de efectivo positivos). Su fórmula es la siguiente (John R. Canada, 1997):

$$\text{TRE (ERR)} = (\text{VFFC} / I_0)^{1/n} - 1, \quad (13)$$

donde la Tasa de Recuperación Externa (TRE), al valor futuro de los flujos de caja del periodo 1 al enésimo (VFFC) divididos por la inversión inicial I_0 , elevados a un enésimo número de flujos de caja del proyecto (n), menos 1.

2.9. Evaluación de Inversiones con Incertidumbre

En los puntos precedentes, se estudiaron los criterios y conceptos para definir la conveniencia de inversión basada en condiciones de certeza. Esta suposición, correspondía a una simplificación de la realidad, con el fin de explicar y entender los fundamentos conceptuales de las evaluaciones de inversiones y el concepto de maximización de la riqueza de quienes aportan capital.

El comportamiento de los flujos de caja supuestos es incierto, debido a que no es posible conocer con exactitud cuál de todos los hechos puede ocurrir y tendrá efecto sobre los flujos estimados. Como no existe certeza en sus resultados, entonces se está frente a una situación de riesgo o incertidumbre. El concepto de riesgo está asociado a una situación

en donde una decisión tiene más de un posible resultado, pero dicha posibilidad o probabilidad de resultado se conoce o puede ser estimado. El concepto de incertidumbre, existe cuando esa probabilidad no se conoce o no se puede estimar (Sapag, 2000).

La distinción entre riesgo e incertidumbre es que un elemento o análisis implica riesgo si se conocen los resultados alternativos posibles, mientras que en la incertidumbre se desconoce la distribución de frecuencia de los resultados posibles (Canada, 1997).

Otra distinción menos restrictiva entre riesgo e incertidumbre es que el riesgo es la dispersión de la distribución de la probabilidad del elemento que se está estimando o del (de los) resultado(s) calculado(s) que se está(n) considerando, en tanto que la incertidumbre es el grado de falta de confianza de que la distribución de probabilidad estimada sea correcta (Canada, 1997).

Es importante hacer notar que la literatura identifica en el Modelo de Valoración de Activos de Capital (CAPM) dos tipos de riesgos que conforman el riesgo total, estos son: el riesgo diversificable y no diversificable. El riesgo diversificable, es la porción del riesgo de un activo que se atribuye a causas fortuitas, específicas de la empresa y que también se denomina riesgo no sistemático. En cambio el riesgo no diversificable, es la porción del riesgo de un activo atribuible a factores de mercado que afectan a todas las empresas y no puede ser eliminado a través de la diversificación de activos. Este riesgo también es denominado riesgo sistemático (Gitman, 2007).

El riesgo y la incertidumbre en las decisiones de inversión en un proyecto se atribuyen a muchas fuentes posibles. La siguiente es una descripción breve de algunas de las causas principales (Canada, 1997).

- Una cantidad insuficiente de inversiones similares. En general, una empresa sólo tendrá algunas inversiones de un tipo particular. Esto significa que habrá una oportunidad insuficiente para que los resultados de un tipo de inversión particular se

ajusten a un promedio, para que los resultados desfavorables sean virtualmente cancelados por los resultados favorables. Este tipo de riesgo es dominante cuando la magnitud del compromiso de inversión individual es grande, en comparación con los recursos financieros de la empresa.

- La tendencia de los datos y su valoración. Es común que las personas que hacen o revisan análisis económicos tengan tendencias de optimismo o pesimismo o estén inconscientemente influidos por factores que no deben ser parte de un estudio objetivo.
- Cambio en el ambiente en el ambiente económico externo, invalidando experiencias anteriores. Cuando se hacen estimaciones de condiciones futuras, se basan en resultados pasados cuando ellos está disponibles. No obstante, la información del pasado es importante, no necesariamente es reflejo de que en condiciones similares, se repita en el futuro.
- Mala interpretación de los datos. Se pueden malinterpretar los datos si los factores implícitos en los elementos de analisis son demasiado complejos.
- Los errores del análisis. Es posible que ocurran errores en el análisis de las características operativas de un proyecto o de sus implicaciones financieras.
- Disponibilidad y énfasis del talento administrativo. El desempeño de un proyecto de inversión industrial o de un conjunto de proyectos depende, en gran medida, de la disponibilidad y aplicación del talento empresarial una vez que se ha realizado el proyecto.
- Liquidabilidad de la inversión. Al juzgar el riesgo es fundamental considerar recuperabilidad relativa de los compromisos de inversión si un proyecto, por consideraciones de desempeño o de algún tipo, se va a liquidar.
- Obsolescencia. El cambio tecnológico rápido y el progreso son características del sistema económico imperante.

Debido a que las probabilidades se usan libremente en los análisis de proyectos que implican riesgo, debe señalarse que estas probabilidades generalmente no se pueden verificar en forma objetiva y, por tanto, son probabilidades subjetivas. Un hecho que

limita más un análisis es que la evidencia que apoya cualquier probabilidad determinada puede diferir significativamente en calidad y en cantidad de la que se ofrece para cualquier otra probabilidad.

Cuando se usan probabilidades, no se eliminan los riesgos y las incertidumbres relacionadas con los resultados buscados, sino más bien la incertidumbre se convierte en incertidumbre conectada con las probabilidades en las que se basa el análisis (Canada, 1997). Por lo anterior, se debe expresar el grado de confianza de la estimación sobre la base de distribuciones probabilísticas.

A continuación se expondrán dos modelos o criterios que ayudan en la toma de decisiones para proyectos que cuentan con problemas de riesgo.

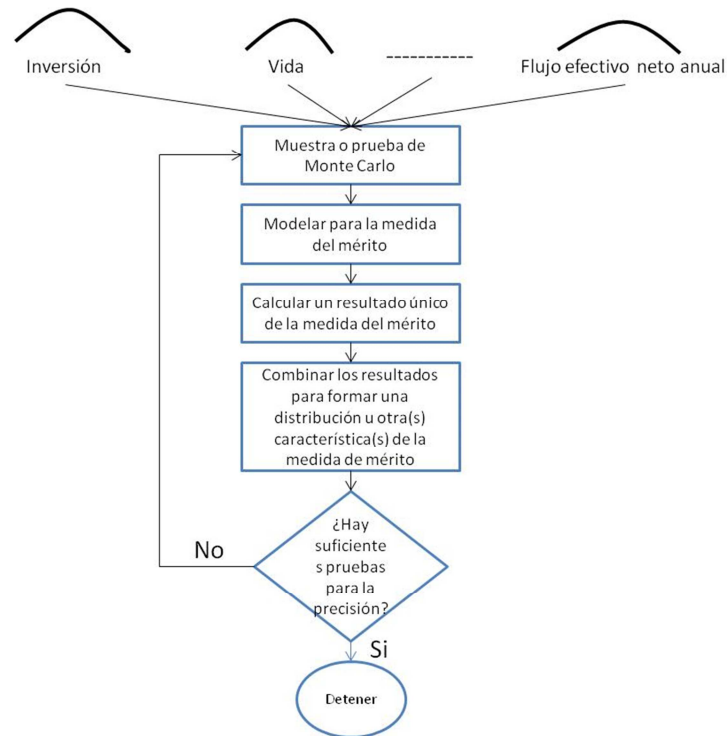
2.9.1. Simulación de Montecarlo

La técnica de simulación de Monte Carlo es un medio especialmente útil para analizar situaciones que implican riesgo, a fin de obtener respuestas aproximadas cuando un enfoque analítico es demasiado complejo (Canada, 1997). Ha gozado de amplia aceptación en la práctica debido al poder analítico que aporta sin la necesidad de matemáticas complejas. Es especialmente adaptable al cálculo mediante planillas electrónicas.

La técnica se denomina descriptivamente el método de pruebas estadísticas. Primero implica la selección aleatoria de un resultado para cada variable (elemento) de interés, la combinación de estos resultados con cantidades fijas, y el cálculo, si es necesario, para obtener un resultado de prueba en términos de la respuesta deseada (medida de mérito). Aplicado repetidamente, esto producirá suficientes resultados de prueba para conseguir una aproximación suficientemente cercana de la media, la variación, la forma de la distribución u otra característica de la respuesta deseada (Sapag, 2000).

La siguiente figura muestra esquemáticamente el proceso de Monte Carlo aplicado a un análisis de proyecto de inversión (Canada, 1997).

Figura 5. Esquematización aplicación Modelo de Monte Carlo.



Fuente: Canada, 1997

El requisito fundamental de la técnica es que el resultado de todas las variables de interés se seleccionen aleatoriamente, es decir, que la probabilidad de selección de todos los resultados posibles sea en concordancia exacta con sus respectivas distribuciones de probabilidad. Esto se consigue usando tablas de números aleatorios y relacionando estos números con las distribuciones de las variables (Canada, 1997).

2.9.2. Análisis del Árbol de Decisión

Los árboles de decisión, también denominados redes de flujo de decisión y diagramas de decisión, es una herramienta poderosa para representar y facilitar el análisis de

problemas importantes, en especial aquéllos que implican decisiones secuenciales y resultados variables durante el tiempo. Los árboles de decisión son de gran utilidad en la práctica, debido a que simplifican un problema grande y complicado en términos de una serie de problemas más sencillos y pequeños, al igual que hacen posible un análisis objetivo y una toma de decisiones que incluyan la consideración explícita del riesgo y su efecto futuro (Canada, 1997).

Cada decisión se representa gráficamente por un cuadrado con un número dispuesto en una bifurcación del árbol de decisión. Cada rama que se origina en este punto representa una alternativa de acción. Además de los puntos de decisión, en este árbol se expresan, mediante círculos, los sucesos aleatorios que influyen en los resultados. A cada rama que parte de estos sucesos se le asigna una probabilidad de ocurrencia. De esta forma, el árbol representa todas las combinaciones posibles de decisiones y sucesos, permitiendo estimar un valor esperado del resultado final, como un valor actual neto, utilidad y otro (Sapag, 2000).

2.10. Sensibilización

Hay varios procedimientos para describir analíticamente los efectos del riesgo y la incertidumbre en los proyectos de inversión. En forma general, algunos procedimientos se clasifican como análisis de sensibilidad o de riesgo. En este punto se describen algunos procedimientos del análisis de sensibilidad.

Los análisis de sensibilidad se efectúan cuando existen condiciones de incertidumbre para uno o más parámetros. Los objetivos de un análisis de sensibilidad son ofrecer a quien toma las decisiones la información relacionada con: 1) el comportamiento de la medición de efectividad económica debido a errores al estimar diversos valores de los parámetros, y 2) la posibilidad de que se reviertan las preferencias en las alternativas de inversión económica. El término “análisis de sensibilidad” se deriva de la intención de

medir la sensibilidad de una decisión a los cambios en los valores base de uno o más parámetros (Canada, 1997).

La evaluación del proyecto será sensible a las variaciones de un o más parámetros si, al incluir estas variaciones en el criterio de evaluaciones empleado, la decisión inicial cambia. El análisis de sensibilidad, a través de los diferentes modelos que se definirán posteriormente, revela el efecto que tienen las variaciones sobre la rentabilidad en los pronósticos de las variables relevantes (Sapag, 2000).

2.10.1. Modelo Unidimensional de la Sensibilización del VAN

El análisis unidimensional de la sensibilización del VAN determina hasta dónde puede modificarse el valor de una variable para que el proyecto siga siendo rentable (Canada, 1997).

Si en la evaluación del proyecto se concluyó que en el escenario proyectado puede bajarse el más probable el VAN era positivo, es posible preguntarse hasta dónde puede bajarse o caer la cantidad o el valor de uno de los elementos analizados, entre otras posibles variaciones, para que el VAN estimado positivo se haga cero. Se define entonces, el VAN de equilibrio como cero por cuanto es el nivel mínimo de aceptación para un proyecto de inversión. De esta manera, que al hacer el VAN igual a cero se busca determinar el punto de quiebre o variabilidad máxima de una variable o elemento que resistiría el proyecto (Sapag, 2000).

Como su nombre lo indica, y aquí radica la limitación del modelo, sólo se puede sensibilizar una variable a la vez. El principio fundamental de este modelo define a cada elemento del flujo de caja como el de más probable ocurrencia. Luego, la sensibilización de una variable siempre se hará sobre la evaluación preliminar.

2.10.2. Modelo Multidimensional de la Sensibilización del VAN

La operatividad de los modelos de sensibilización radica en la mayor o menor complejidad de sus procedimientos. El análisis multidimensional, a diferencia del unidimensional, además de incorporar el efecto combinado de dos o más variables, busca determinar de qué manera varía el VAN frente a cambios en los valores de esas variables como una forma de definir el efecto en los resultados de la evaluación de errores en las estimaciones.

Se describirán dos enfoques para considerar un análisis de sensibilización de parámetros múltiples (Canada, 1997):

- Enfoque de superficie de sensibilidad: En este enfoque se analizan las combinaciones de más de un parámetros por medio de sus curvas de sensibilidad con lo cual se configura una superficie de sensibilidad.
- Enfoque optimista-pesimista: Este enfoque implica cambiar las estimaciones de uno o más elementos (parámetros) en una dirección de resultado favorable (optimista) y en una dirección de resultado desfavorable (pesimista), para determinar el efecto de estos cambios en el resultado del estudio económico. A usar este método, es conveniente que quien hace la estimación adopte una filosofía precisa de “cuán optimista” o “cuán pesimista” es al hacer la estimación.

2.11. Análisis Incremental

Consiste en obtener los incrementos de ingresos y egresos que produce la nueva alternativa de inversión para una empresa, en relación a la situación existente o base. De esta forma, lo que se evalúa son los aumentos de inversión, en relación con aumentos o pérdidas de beneficios (Canada, 1997).

La evaluación incremental de un proyecto, se realiza de la misma forma que cualquiera, es decir, principalmente por la técnica del VAN, la cual recibe el nombre de VAN incremental.

Cuando se aplica este método al reemplazo de activos físicos, entonces se denomina análisis de sustitución. El tipo general de sustitución incluye estudios acerca de si se debe conservar un activo viejo (denominado defensor) o sustituirlo con un activo nuevo (denominado retador) (Canada, 1997).

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipos de Estudio

Hay cuatro clases de estudio de investigación: exploratorios, descriptivos, correlacionales y explicativos. La metodología que se aplicó para este estudio fue de tipo exploratoria por ser una innovación, y, descriptiva pues se intenta medir por medio de la comprensión y evaluación de un proyecto (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 1998).

3.1.1. Estudio Exploratorio

Los estudios exploratorios se realizan generalmente cuando el objetivo es examinar un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes. Es decir, cuando la revisión de la literatura encontrada solo reveló que únicamente hay guías no investigaciones e ideas bajamente relacionadas con el problema de estudio.

Los estudios exploratorios sirven para aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa sobre un contexto particular de la vida real, por ejemplo, investigar el problema del comportamiento humano que consideren cruciales los profesionales de determinadas áreas, identificar conceptos o variables provisorias, establecer prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones (postulados) verificables.

Los estudios exploratorios en pocas ocasiones constituyen un fin en sí mismos, por lo general determinan tendencias, identifican relaciones potenciales entre variables y son la base o guía para investigaciones posteriores más rigurosas. Se caracterizan además por ser más flexibles en su metodología en comparación con los estudios descriptivos o explicativos y son más amplios y dispersos que los mencionados.

3.1.2. Estudio Descriptivo

El propósito del estudio descriptivo es describir situaciones y eventos, lo cual implica describir cómo se manifiesta determinado fenómeno. Los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Los estudios descriptivos miden o evalúan diversos aspectos, dimensiones o componentes del fenómeno o fenómenos a investigar. Desde el punto de vista científico, describir es medir. Lo expuesto indica que se deben seleccionar una serie de razones las cuales se miden de forma independiente, para de esta manera “describir” lo que se investiga. El investigador elige una serie de conceptos a medir que también se denominarán “variables” y que se refieren a conceptos que pueden adquirir diversos valores que son medidos.

Es necesario hacer notar que los estudios descriptivos miden de manera más bien independiente los conceptos o variables con los que tienen que ver. Aunque desde luego, pueden integrar las mediciones de cada una de dichas variables para decir como es y se manifiesta el fenómeno de interés. Su objetivo no es indicar como se relacionan las variables medidas. Cabe mencionar que los estudios descriptivos se centran en medir con la mayor precisión según sean las condiciones logradas. En este tipo de estudios el investigador debe ser capaz de definir qué se va a medir y cómo se logrará precisión en esa medición. A su vez, se debe especificar quién o quiénes tienen que incluirse en la medición.

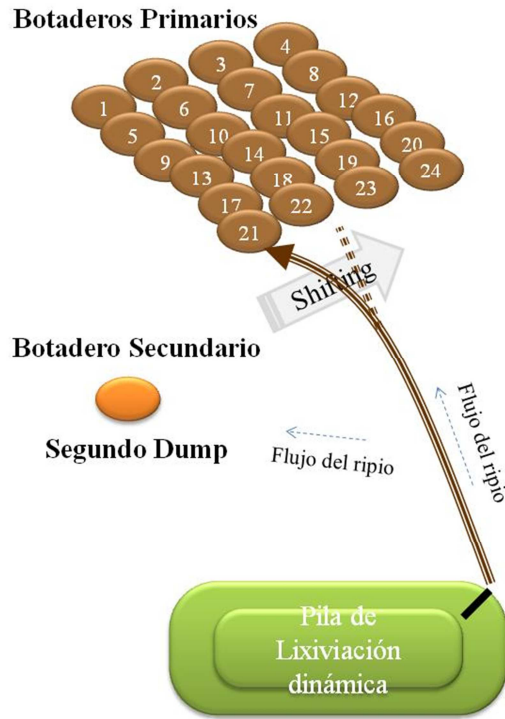
3.2. Justificación del Estudio Aplicado a la Investigación

Se ha estimado conveniente realizar la revisión de la literatura teórica sobre la lixiviación estática y la dinámica y la forma de resolver la continuidad que el método promete. A su vez, para comprender y aplicar los datos obtenidos de la observación y comprensión del problema técnico productivo, se revisó la teoría referida a la evaluación de proyectos de inversión.

Empíricamente, no hay información respecto de la solución que se le puede dar a la continuidad de producción diaria de una pila de lixiviación dinámica. Por otra parte, existe mucha literatura referida conceptualmente a la evaluación de inversiones que permitirán evaluar el proyecto en revisión en la presente memoria.

Sobre la base de lo expuesto, la investigación se centrará en medir y evaluar económicamente una solución que permita dar continuidad al proceso productivo de los procesos de lixiviación dinámica que adoptará Minera Escondida. Para tal efecto, se levantó información respecto del funcionamiento y las características del proceso a evaluar. Este levantamiento se encuentra resumido en la siguiente figura. Como se observa, de la pila de lixiviación dinámica, se extrae el ripio o material de desecho, el cual mediante una correa transportadora que termina en un equipo denominado Apilador, se deposita en los botaderos primarios. Cada botadero se llena aproximadamente en tres meses, luego de lo cual, se debe trasladar (shifting) el apilador a la siguiente posición para iniciar el vaciado del ripio en un nuevo botadero. El tiempo que demora el traslado del Apilador hacia su nueva posición es de 6 días aproximadamente, por lo que dichos días la producción de cobre bajo este método se detiene. El proyecto de habilitación del segundo Dump, permite darle continuidad a la producción al darle continuidad al apilamiento del ripio en un botadero secundario denominado segundo Dump. En la figura, se esquematiza el desvío del ripio con la línea roja que desvía el ripio hacia este botadero secundario, mientras el Apilador utilizado en los botaderos principales, cambia de posición para iniciar luego de seis días, el apilamiento del ripio nuevamente en los botaderos principales, dejando en espera de un nuevo shifting al botadero secundario. Este proceso se repite por seis años.

Figura 6. Esquema de trabajo del segundo Dump.



Fuente: Elaboración propia con datos de la Minería del Cobre.

3.3. Unidad de Análisis

Sobre la base del problema planteado y los objetivos de investigación, el estudio se enfocará en el efecto económico de optar por la habilitación de un botadero secundario (segundo Dump) para el proceso de lixiviación dinámica que adoptará.

3.4. Recolección de Datos

El método de trabajo consistirá en la búsqueda de datos técnicos y económicos referidos al proceso productivo del nuevo proyecto y a los aspectos económicos asociados al efecto de dicho proyecto dentro del proceso general de Minería Escondida.

Los datos se dividirán en los que dicen relación con aspectos técnicos productivos, y económicos, estableciéndose entre ellos, la interrelación, con el fin último de establecer los flujos de caja efectivos que genera el nuevo proyecto.

3.5. Herramientas de Análisis y Obtención de Resultados

En base a los datos recolectados y agrupados conforme a los conceptos establecidos en la teoría, se aplicarán las herramientas de evaluación de proyectos para establecer la factibilidad económica del proyecto correspondiente a la unidad en estudio. Con respecto a la sensibilización de escenarios, se ha optado por establecer el grado de sensibilidad del cambio en las variables sobre los resultados de la evaluación, específicamente sobre el V.A.N. Por medio de este método, es posible establecer cuál es el efecto de un cambio en el valor base de una variable, y cuál es el límite al cual puede llegar el valor de la variable antes de que el resultado económico observado en el V.A.N. sea igual a cero. De esta manera es posible contar con parámetros o rango de variación de las variables críticas del proyecto para la toma de decisiones sobre su resultado base y sobre la ejecución del mismo.

CAPÍTULO 4: ESTUDIO TÉCNICO Y ECONÓMICO DEL NUEVO BOTADERO

El presente estudio, considera el diseño de un nuevo botadero, el cual tiene la finalidad de absorber los tiempos de detención producidos por los shifting del botadero actual, lo que entregaría continuidad al proceso y por ende una mayor producción. Esta pila iniciará su carga el año 2014, fecha estimada para finalizar la operación actual del PAD 2 (área actual de lixiviación de mineral oxidado).

El Proyecto nuevo botadero, incluye básicamente, la implementación de los siguientes sistemas y áreas:

- a) Sistema de transporte de mineral lixiviado (el límite de batería considera desde la chute de traspaso correa pila dinámica – botadero al primer apilador móvil del nuevo botadero);
- b) Diseño de la base del nuevo botadero;
- c) Sistema de impermeabilización para la base del botadero.

En particular, en este informe se determinará la alternativa para el Nuevo Botadero, definiendo su ubicación y configuración.

El nuevo botadero de rípios se definirá en base a su disposición geométrica en el terreno natural, requerimientos de construcción y requerimientos de operación. El análisis se basa en los siguientes parámetros.

- a) Requerimiento de una capacidad mínima de apilamiento;
- b) Requerimientos de movimientos de tierra asociado a preparación de superficie de cancha y de rampas de acceso de equipos;
- c) Requerimiento de área basal impermeabilizada en la conformación de cancha;
- d) Distancias de correas requeridas desde el traspaso;
- e) Evaluación de costos asociados a CAPEX.

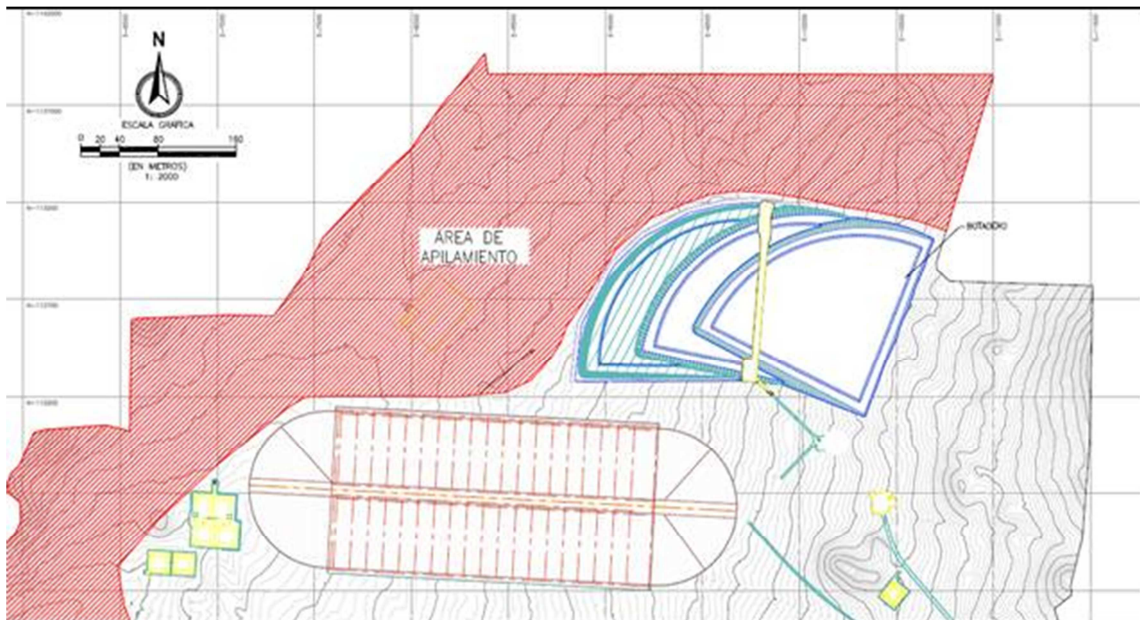
4.1. Criterio de Diseño

Los criterios particulares considerados para la carga del botadero son los siguientes:

- a) Volumen de apilado de 4.500.000 m³ lo que permitirá la operación del botadero durante 6 años, considerando 23 días de operación anual.
- b) Se considera la implementación de los equipos utilizados actualmente en el PAD 2, a excepción de la correa overland entre el traspaso al botadero proyectado, hasta el nuevo botadero de ripios.
- c) Carga con una altura máxima de 6 m.
- d) Ancho de franja para el apilamiento de Spreader de 90 m.
- e) Se considera una tasa de carga fija estimada de 54 000 Ton/día, según plan minero.
- f) Botadero no considera lixiviación secundaria.

El nuevo botadero podrá ser emplazado en el área descrita en figura a continuación.

Figura 7. Área para ubicación de nuevo botadero.



Fuente: Minería del Cobre.

4.2. Descripción de Alternativas

Para la definición de las alternativas, se considera posicionar tres superficies basales en los sectores que libres de interferencias y topografías favorables, esto apoyado con el software AutoCAD Civil Design.

La configuración del botadero corresponde a la preparación de una cancha que permita realizar el apilado de mineral de acuerdo a los equipos disponibles en el proyecto del PAD 2 de óxidos. Los equipos a reutilizar permiten una configuración en base a paralelepípedos, en donde la correa móvil se desplaza de forma paralela a su estado original en aproximadamente 90m.

El botadero contará con una pendiente máxima de 10:1 (H:V) considerada para la operación de los equipos del PAD 2, esta condición se mantendrá en todos los niveles para no perder volúmenes de carguío.

Dentro de la geometría de los niveles superiores se considera una disminución de su área basal, afectado por los bancos de estabilidad y el talud natural del carguío.

Las pilas presentan una configuración de 450 x 900 m. los cuales son representativos para cada una de las alternativas. En tabla 1, se presentan las características y volúmenes de los botaderos.

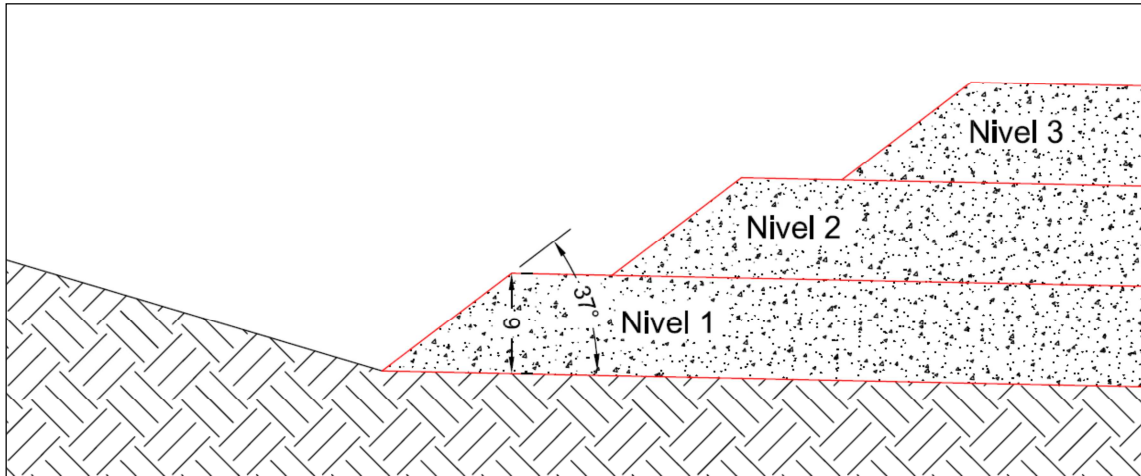
Tabla 1. Resumen características niveles nuevo botadero de ripio.

Nivel	Área Basal nivel (m ²)	Altura max. Nivel (m)	Angulo (°)	Capacidad por nivel (m ³)	Capacidad acumulada (m ³)
1	292.500	6	37°	1.713.198	1.713.198
2	275.237	6	37°	1.565.392	3.278.590
3	246.189	6	37°	1.395.117	4.673.707

Fuente: Elaboración propia con antecedentes de Minera Escondida.

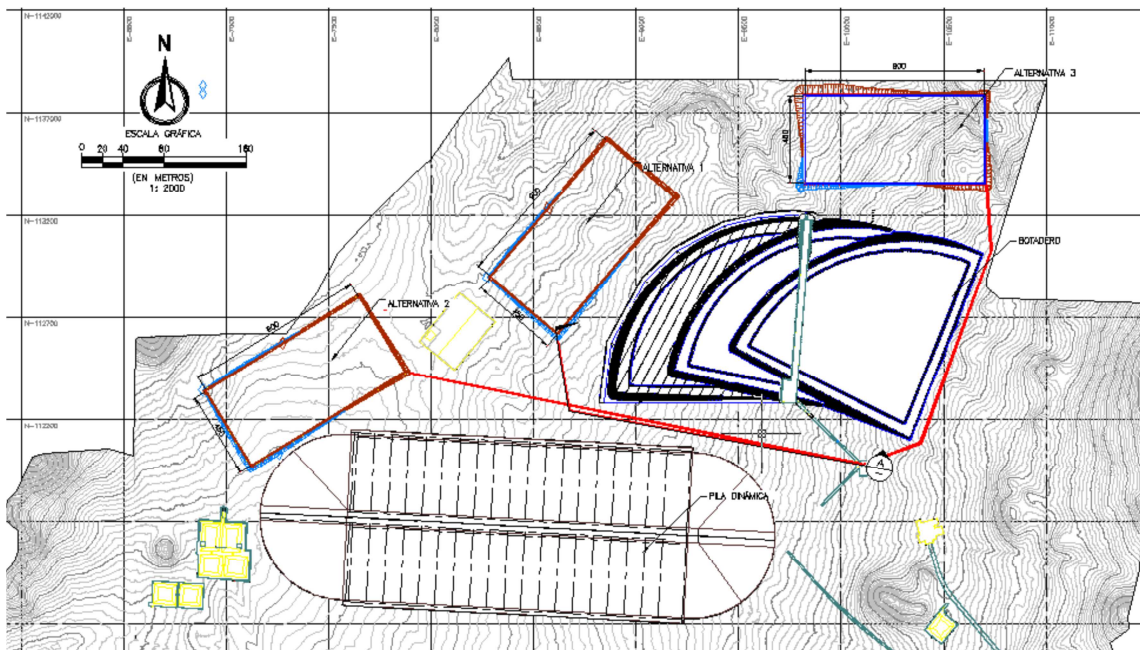
Las alternativas definidas son las que se muestran en la Figura 8.

Figura 8. Perfil tipo en corte nuevo botadero.



Fuente: Minería del Cobre.

Figura 9. Ubicación nuevo botadero de rípios.



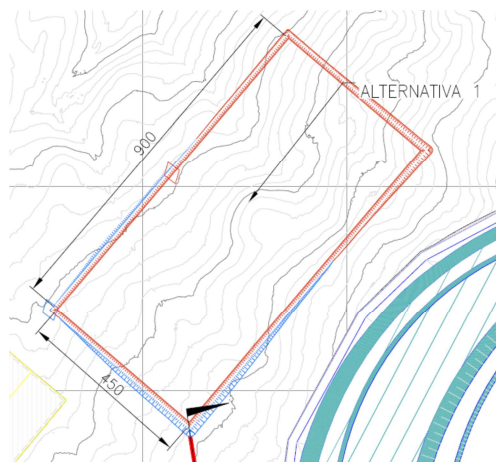
Fuente: Minería del Cobre.

A continuación se presentan las alternativas proyectadas y sus volúmenes de construcción se presentan en la sección 4 “estimación de costos”.

4.2.1. Alternativa 1

A continuación se presenta botadero ubicado al oeste del botadero Original proyectado.

Figura 10. Configuración geométrica alternativa 1.



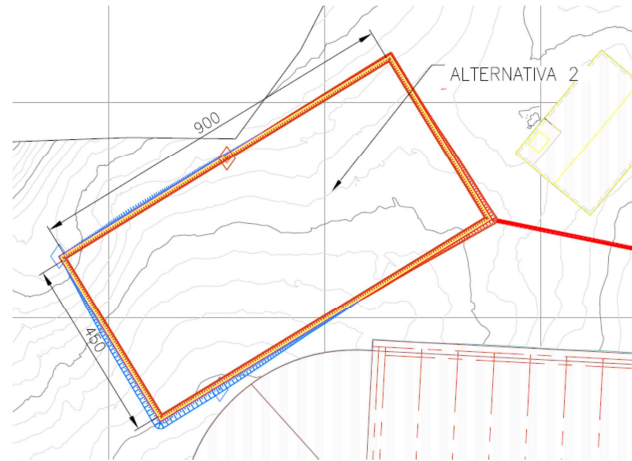
Fuente: Minería del Cobre.

El botadero contará con una pendiente máxima de 10:1 (H:V) considerada para la operación de los equipos del PAD 2, esta condición se mantendrá en todos los niveles para no perder volúmenes de carguío.

4.2.2. Alternativa 2

Botadero ubicado al norte de la Pila Dinámica.

Figura 11. Configuración geométrica alternativa 2.

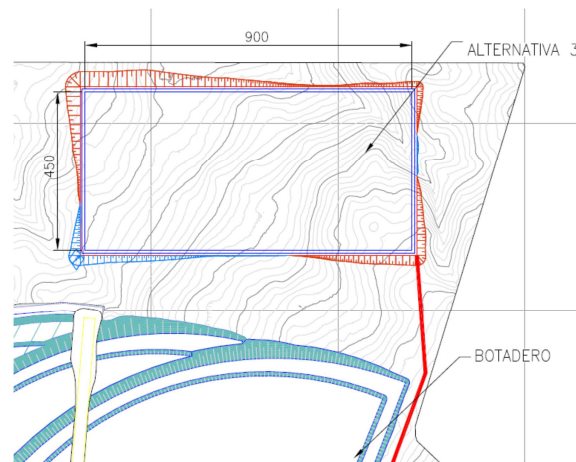


Fuente: Minería del Cobre.

4.2.3. Alternativa 3

Botadero ubicado al norte del botadero proyectado originalmente.

Figura 12. Configuración geométrica alternativa 3.



Fuente: Minería del Cobre.

4.3. Estimación de Costos para las Alternativas

A partir del diseño de las alternativas, se realizó una estimación de CAPEX, para analizar la factibilidad del desarrollo del proyecto. Para la estimación de CAPEX se consideraron los siguientes ítems:

- a) Superficie basal: implica movimientos de tierra e impermeabilización.
- b) Equipos mecanizados: considera la nueva correa overland y la movilización de los equipos a reutilizar.

Los precios utilizados para la estimación fueron obtenidos a partir del CAPEX del último proyecto desarrollado en el PAD 2, el cual es representativo de acuerdo a las actividades a realizar. En las siguientes tablas, se presenta el resumen de cada una de las alternativas.

Tabla 2. Desglose costos alternativa 1.

ESTIMACIÓN DE COSTOS NUEVO BOTADERO OLAP										
Item	Descripción	Unidad	Cantidad	Factor de Crecimiento	Cantidad Ajustada	Suministro		Construcción y Montaje		
						PU Suministro	Total Suministro	PU C y M	Total C y M	Total [USD]
1.0 Movimiento de tierra										
1.1	Excavación masiva	m ³	1.184.668	1,05	1.243.901,40	0	0	4	4.975.605,60	4.975.606
1.2	Relleno masivo	m ³	689.922	1,05	724.418,10	0	0	4,8	3.477.206,88	3.477.207
1.3	Relleno controlado	m ³	121.500	1,05	127.575,00	0	0	6,1	778.207,50	778.208
1.4	Escarpe	m ³	40.500	1,05	42.525,00	0	0	0,92	39.123,00	39.123
1.5	Preparación superficial	m ³	60.750	1,05	63.787,50	0	0	1,4	89.302,50	89.303
										9.359.445
2.0 Impermeabilización										
2.1	Geomembrana HDPE 1,5 mm texturado simple	m ²	465.750	1,1	512.325,00	3,68	1.885.356	5,300	2.715.322,50	4.600.679
										4.600.679
3.0 Manejo de materiales										
3.1	Nueva Correa Overland	ml	1.804	1	1.804,00	4589,0	8.278.556	2294,5	4.139.278,00	12.417.834
3.2	Reposicionamiento de equipos PAD 2	ml	908	1	908,00	0,0	0	1200,0	1.089.600,00	1.089.600
										13.507.434
Total Costo Directo										27.467.558
4 Inspección Técnica (COA)										
										1.373.378
5 Ingeniería de Terreno										
										604.286
6 Ingeniería de Desarrollo										
										1.043.767
7 Catering										
										2.609.418
8 Servicios Topográficos										
										370.812
9 Costos del Cliente										
										3.296.107
Total Costo Indirecto										9.297.768
Contingencia 10%										3.678.533
Total USD\$										40.441.859

Fuente: Minería del Cobre.

Tabla 3. Desglose costos alternativa 2.

ESTIMACIÓN DE COSTOS NUEVO BOTADERO OLAP											
Item	descripción	Unidad	Cantidad	Factor de Crecimiento	Cantidad Ajustada	Suministro		Construcción y Montaje		Total [USD]	
						PU Suministro	Total Suministro	PU C y M	Total C y M		
1.0 Movimiento de tierra											
1.1	Excavación masiva	m ³	1.524,972	1,05	1.601.220,60	0	0	4	6.404.882,40	6.404.882	
1.2	Relleno masivo	m ³	1.484,537	1,05	1.558.763,85	0	0	4,8	7.482.066,48	7.482.066	
1.3	Relleno controlado	m ³	340,032	1,05	357.033,60	0	0	6,1	2.177.904,96	2.177.905	
1.4	Escarpe	m ³	44,260	1,05	46.472,58	0	0	0,92	42.754,77	42.755	
1.5	Preparación superficial	m ²	67,082	1,05	70.436,52	0	0	1,4	98.611,13	98.611	
										16.206.220	
2.0 Impermeabilización											
2.1	Geomembrana HDPE 1,5 mm texturado simple	m ²	509,846	1,1	560.830,16	3,68	2.063.855	5,300	2.972.399,85	5.036.255	
										5.036.255	
3.0 Manejo de materiales											
3.1	Nueva Correa Overland	ml	1.928	1	1.928,00	4589,0	8.847.592	2294,5	4.423.796,00	13.271.388	
3.2	Reposicionamiento de equipos PAD 2	ml	908	1	908,00	0,0	0	1200,0	1.089.600,00	1.089.600	
										14.960.988	
Total Costo Directo										35.603.463	
4 Inspección Técnica (COA)											1.780.173
5 Ingeniería de Terreno											783.276
6 Ingeniería de Desarrollo											1.952.932
7 Catálogo											3.982.329
8 Servidos Topográficos											480.647
9 Costos del Cliente											4.272.416
Total Costo Indirecto										12.051.772	
Contingencia 10%										4.765.523	
Total USD\$										52.420.758	

Fuente: Minería del Cobre.

Tabla 4. Desglose costos alternativa 3.

ESTIMACIÓN DE COSTOS NUEVO BOTADERO OLAP										
Item	descripción	Unidad	Cantidad	Factor de Crecimiento	Cantidad Ajustada	Suministro		Construcción y Montaje		
						PU Suministro	Total Suministro	PU C y M	Total C y M	Total [USD]
1.0	Movimiento de tierra									
1.1	Excavación masiva	m ³	1.956.254	1,05	2.054.066,70	0	0	4	8.216.266,80	8.216.267
1.2	Relleno masivo	m ³	1.864.120	1,05	1.957.326,00	0	0	4,8	9.395.164,80	9.395.165
1.3	Relleno controlado	m ³	399.168	1,05	419.126,40	0	0	6,1	2.556.671,04	2.556.671
1.4	Escarpe	m ³	44.260	1,05	46.472,58	0	0	0,92	42.754,77	42.755
1.5	Preparación superficial	m ³	67.082	1,05	70.436,52	0	0	1,4	98.611,13	98.611
										20.309.469
2.0	Impermeabilización									
2.1	Geomembrana HDPE 1.5 mm texturado simple	m ²	532.013	1,1	585.214,08	3,68	2.153.588	5,300	3.101.634,62	5.255.222
										5.255.222
3.0	Manejo de materiales									
3.1	Nueva Correa Overland	ml	2.357	1	2.357,00	4589,0	10.816.273	2294,5	5.408.136,50	16.224.410
3.2	Reposicionamiento de equipos PAD 2	ml	908	1	908,00	0,0	0	1200,0	1.089.600,00	1.089.600
										17.314.010
									Total Costo Directo	42.878.700
4	Inspección Técnica (COA)									2.143.935
5	Ingeniería de Terreno									943.331
6	Ingeniería de Desarrollo									1.629.391
7	Catering									4.073.477
8	Servicios Topográficos									578.862
9	Costos del Cliente									5.145.444
									Total Costo Indirecto	14.514.440
									Contingencia 10%	5.739.314
									Total USD\$	63.132.455

Fuente: Minería del Cobre.

Para el análisis económico, se optó por la alternativa 1, que es la más económica y cuenta con una mejor condicionante técnica. Por lo tanto en la sección siguiente se evaluará económicamente para ver su factibilidad de construcción.

4.4. Supuestos Básicos para la Evaluación Económica

Al implementar el segundo Dump, se estima la recuperación diaria de 292 toneladas de cobre fino. A su vez, se estima que el carguío en el segundo Dump alcanzará a 23 días anuales por lo que el volumen anual de recuperación alcanzará las 6.716 toneladas como tope máximo, indistintamente de la variación de la producción total anual que la empresa alcance, sin estos 23 días adicionales obtenidos de la operación del segundo Dump. El volumen descrito implicará para la empresa la comercialización adicional de 14.806.245,53 libras de cobre fino.

Otras variables asociadas a la habilitación y operación del segundo Dump son:

- Inversión inicial correspondiente a la alternativa más económica para la habilitación del segundo Dump, esto es la alternativa 1 precedentemente mencionada por un monto de MMUS\$40. Además, se considera como inversión inicial recuperable dos meses del costo de operación para el volumen procesado por la operación del segundo Dump. La habilitación no tiene valor residual.
- Inversiones y equipamientos utilizados en la operación del segundo Dump son considerados como un costo hundido, por lo que no suman ni restan valor a la determinación de los flujos.
- Proyección del precio de la libra de cobre fino de US\$3.
- El costo de operación del segundo Dump es marginal y despreciable dentro del total de costos de la operación, por lo que se supondrá que el costo de operación por libra de cobre alcanzará un US\$1.
- Tasa del Impuesto Específico a la Minería sobre producción de 50.000 toneladas al año de un 5% sobre resultado operacional.
- Tasa de Impuesto de Primera Categoría del 19% constante a partir del primer año de operación.
- La unidad monetaria aplicada a la valorización de las partidas será el dólar de los Estados Unidos.

- La tasa costo de capital para los fondos invertidos íntegramente por la empresa será de un 12% anual.
- La vida útil del segundo Dump alcanza los 6 años. Este plazo que contempla la operación y/o relleno por 23 días al año, considera una carga total de ripio de aproximadamente 52.142 toneladas.

4.5. Flujos de Caja del Proyecto

Sobre la base de los supuestos y variables antes indicados, se calculan los flujos de caja neto (FCN) incrementales para al total de vida útil del segundo Dump.

Como se observa en la tabla, los ítems que conforman el Flujo de Caja Neto corresponden a la variación en los ingresos, costos operacionales y a la depreciación que se producen debido al incremento en la producción de cobre fino producto de la habilitación de un segundo Dump que le da continuidad, por 23 días más, a la producción de cobre. Conforme a lo indicado, el resultado en los flujos de caja netos se originan por:

- En el caso del periodo 0, momento en que se lleva a cabo la “inversión inicial”, la empresa debe desembolsar recursos para financiar capital de trabajo adicional el cual se recupera al finalizar el sexto año de operación. A su vez, la empresa debe desembolsar recursos asociados a la habilitación del segundo Dump que no necesariamente pueden constituirse como un activo intangible a depreciar. Lo anterior implica considerar dicho desembolso como un gasto dentro de ese periodo. Producto de lo anterior, este mayor gasto, que corresponde a la habilitación del segundo Dump, generará para la empresa una reducción tanto en el pago del impuesto específico a la minería, como en el pago de impuesto de primera categoría, produciéndose de esta manera, un desembolso neto en el periodo 0 por este concepto de sólo MMUS\$31,12, que sumado al capital de trabajo implican contrastar los flujos generados por la operación del segundo Dump con un desembolso inicial total por MMUS\$ 33,59.

- Un incremento en los ingresos de la empresa producto del aumento en la recuperación de cobre fino de 292 toneladas equivalentes a 643.749,81 libras por día de operación del segundo Dump valorizadas a US\$ 3 la libra.
- Un incremento en los costos de operación asociados al tonelaje de recuperación de cobre indicado en el punto anterior valorizados a US\$ 1 la libra.
- El descuento del impuesto específico y de primera categoría a los excedentes incrementales del proyecto.

Tabla 5. Detalle flujos de caja neto (en millones de dólares).

Ítem del Flujo de Caja / Año	0	1	2	3	4	5	6
Inversión en habitación 2° Dump	-\$ 40,44						\$ 0,00
Variación en ingresos		\$ 44,42	\$ 44,42	\$ 44,42	\$ 44,42	\$ 44,42	\$ 44,42
Variación en los costos operacionales		-\$ 14,81	-\$ 14,81	-\$ 14,81	-\$ 14,81	-\$ 14,81	-\$ 14,81
Variación en la depreciación		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Variación en el resultado operacional	-\$ 40,44	\$ 29,61	\$ 29,61	\$ 29,61	\$ 29,61	\$ 29,61	\$ 29,61
IEM	\$ 2,02	-\$ 1,48	-\$ 1,48	-\$ 1,48	-\$ 1,48	-\$ 1,48	-\$ 1,48
Impuesto Primera Categoría incremental	\$ 7,30	-\$ 5,35	-\$ 5,35	-\$ 5,35	-\$ 5,35	-\$ 5,35	-\$ 5,35
Variación de Resultado d/Impuestos	-\$ 31,12	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79
(+) Variación en la depreciación		\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00
Mayor inversión en KT		-\$ 2,47					\$ 2,47
FCN incremental	-\$ 33,59	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 22,79	\$ 25,25

Fuente: Elaboración propia.

Sobre la base de lo expuesto, los resultados con excepción del periodo 0 son todos positivos e iguales a MMUS\$ 22,79 más la recuperación del capital de trabajo de MM\$US 2,47 que se suman al último flujo de caja del sexto año totalizando MMUS\$ 25,25.

4.6. Evaluación Económica

El Valor Actual Neto obtenido de los flujos descritos precedentemente es positivo en MM\$61,35, con una TIR de un 65%. Los fondos invertidos en este proyecto se recuperan a partir del segundo año de operación.

4.7. Sensibilización

Las variables base relacionadas con la estimación de los flujos de caja neto correspondientes al proyecto, son las cuatro que se muestran en la siguiente tabla 6. El orden de presentación de dichas variables es de la que menos a la que más efecto porcentualmente tiene sobre el V.A.N.

Todas las variables expuestas producen cambios en el V.A.N. estimado, cuando su valor base cambia. La variable que tiene un mayor efecto sobre el resultado del V.A.N. es el precio proyectado de la libra de cobre, puesto que un cambio de un 1% sobre su valor base, produce un cambio de MMUS\$1,41 en el mismo sentido sobre el V.A.N. estimado. Esta variable, si el resto se mantiene en su valor base, puede reducirse hasta un valor de US\$ 1,69 por libra de cobre para alcanzar un V.A.N. igual a cero, esto implica que esta variable puede reducirse hasta un 44% de su valor base (ver tabla 6) antes de hacer que el V.A.N. sea igual a cero.

Tabla 6. Sensibilización de variables.

Variables	Efecto % VAN por cben Var	Variación variable en:		Valor límite	Variación variable	
		1%	-1%		condición	%
Costo proyectado de la libra de cobre	-0,78%	-\$0,48	\$0,48	US\$2,28 por libra	Max-Increm.	128%
Recuperación Cu día	1,50%	\$0,92	-\$0,92	98,2 ton	Mín-Reducción	-66%
Días carguío de ripio en 2° Dump	1,50%	\$0,92	-\$0,92	7,7 días	Mín-Reducción	-66%
Precio proyectado libra de cobre	2,30%	\$1,41	-\$1,41	US\$1,69 por libra	Mín-Reducción	-44%

Fuente: Elaboración propia.

La variable de menor efecto es el costo proyectado para la libra de cobre. Esta variable, de sentido inverso en sus cambios con respecto a los resultados, tiene un efecto de MMUS\$ 0,48 sobre el V.A.N. estimado cuando su valor base varía en un 1%. El valor límite que puede alcanzar al punto de hacer que el V.A.N. tome un valor igual a cero es de US\$2,28 la libra de cobre, es decir, su valor puede variar hasta en un 128% con respecto al valor base estimado para la evaluación.

Para el caso de la recuperación de cobre diario y los días de carguío, estos tienen un efecto de MMUS\$ 0,92 por cada 1% de cambio en su valor base. El sentido del efecto es el mismo, esto es, si aumentan las toneladas de recuperación diaria o los días de carguío, eso implica que el V.A.N. se incrementará. El valor mínimo que pueden alcanzar estas variables son de 98,2 toneladas día (al nivel base de días de carguío) y/o 7,7 días de carguío (al nivel base de recuperación de cobre).

4.8. Resultados de la Evaluación Económica

La inversión inicial para realizar el proyecto, contempla sólo la habilitación del segundo Dump (MMUS\$40,4 antes de impuesto). Esto no implica que el proyecto sólo considere dicho ítem, sino que por el contrario, considera la reutilización de varios equipos con

vida útil suficiente para apoyar en el proyecto, pero, cuya inversión ya ha sido amortizada (costo hundido).

Los flujos de caja que se proyectan, y que corresponden al diferencial de producción de cobre que se da seis días al año, son positivos en MMUS\$22,8 e iguales durante los seis años de vida del proyecto. Si bien es posible proyectar mejoras en la obtención de cobre durante estos seis días, se ha optado por no considerarlos para darle una visión conservadora a la evaluación.

Tal como se indica en el punto de evaluación económica, el proyecto tiene un V.A.N. positivo en base a los valores base fijados en las variables que conforman el proyecto. En particular, dicho V.A.N. casi duplica el monto de la inversión del proyecto, y su T.I.R. del 65% supera con creces el 12% requerido como costo de capital por Minera Escondida.

Estos resultados, se acompañan de una holgura importante en los valores base considerados en las variables que son parte integrante de los flujos de caja del proyecto. Las variables más incidentes en los resultados expuestos, corresponde al precio proyectado para la libra de cobre, a los días de carguío de ripio en el segundo Dump, y a la cantidad de días de recuperación de cobre en el shifting. Esta incidencia implica que un cambio en el 1% de su valor base implica un cambio proporcionalmente mayor en el resultado del V.A.N. Por ejemplo, en el caso del precio proyectado de la libra de cobre, cuando su precio aumenta o disminuye en un 1%, el valor del V.A.N. aumenta o disminuye (sentido directo) un 2,3% respecto de su valor base. Por el contrario, pero no menos importante, es el efecto del costo proyectado de la libra de cobre. Esta variable tiene un efecto menor, puesto que el aumento o disminución en un 1% respecto del caso base, disminuye o aumenta (sentido inverso) en un 0,78% el valor del V.A.N. obtenido del caso base.

Conforme a lo indicado, el valor crítico que pueden alcanzar las variables de la evaluación económica al punto de alcanzar un V.A.N. igual a cero es de: US\$1,69 el precio proyectado de la libra de cobre (44% menos del caso base); 7,7 días de carguío de ripio en el segundo Dump al año (66% menos del caso base); 98,2 toneladas de cobre recuperado durante los días de operación anual del segundo Dump (66% menos del caso base); y, US\$ 2,28 de costo por la libra de cobre.

CONCLUSIÓN

Con los antecedentes presentados y considerando las limitaciones al estudio, se ha podido concluir lo siguiente:

El proyecto es económicamente viable y se debe ejecutar considerando que las variables más incidentes se mantengan durante el periodo de vida útil dentro de los rangos apropiados.

Es altamente incidente para la rentabilidad del proyecto el uso de infraestructura con un alto valor de mercado si este se tuviera que comprar, pero totalmente depreciada contablemente.

Dado el relativamente escaso terreno disponible para el acopio de ripios, la vida útil del proyecto del segundo botadero es particularmente corta y hace el proyecto más exigente en sus flujos, necesarios para pagar la inversión.

La configuración del nuevo botadero de ripios fue evaluada en los distintos aspectos de acuerdo a los criterios de diseño y solicitudes de operación, resumiéndose lo más importantes en los siguientes aspectos:

- a) Configuración de apilamiento: El botadero cumple con la mínima capacidad requerida para la operación y salvar los tiempos ociosos producidos por los shifting del botadero OLAP.
- b) Preparación de superficie, impermeabilización y movimientos de tierra: La superficie basal considera dimensiones y volúmenes ejecutables para su construcción e inversión.
- c) Requerimiento de correas: El posicionamiento de la correa si bien es cierto considera una longitud de más de 1.800m es la mejor opción ya que un trazado menor genera una gran cantidad de interferencias con criticidad en la Mina, como por ejemplo el mineroducto.

- d) Frecuencia de shifting: Los shifting no son una limitante para la ubicación y configuración del botadero, ya que éstos se podrán absorber por la operación de la pila.
- e) Evaluación económica: En lo asociado a costo de inversión el proyecto viable, la inversión es recuperada durante el primer año.

En función de los aspectos analizados, se concluye que el proyecto es perfectamente realizable de acuerdo a su inversión y presentaría grandes mejoras a la operación y lo más importante es que se genera una producción continua que permiten ingresar 302 toneladas de cobre fino diarios durante los 23 días de paras operacionales producidas por los shifting del proyecto original.

BIBLIOGRAFÍA

- Autores, V. (1996). Curso Biohidrometalurgia. *Apuntes del Curso Biohidrometalurgia*. Área Metropolitana: Departamento de Ingeniería Química, F.C.F.M., Universidad de Chile.
- Avendaño, C. (1995). Curso plantas Lx-Sx-Ew. Instituto de Ingenieros de Minas de Chile.
- Daza, R. P. (1996). *Inversión en el Mercado Bursatil*. Santiago de Chile: Jurídica ConoSur.
- Fernández, P. (1999). *Valoración de Empresas*. Barcelona: Gestión 2000.
- G.E. McClelland, J. E. (1981). Improvements in Heap Leaching to Recover Silver and Gold from Low-Grade Resources. *U.S. Bureau of Mines RI 8612*.
- G.E. McClelland, S. P. (1983). Agglomeration-Heap Leaching Operations in the Precious Metals Industry. *U.S. Buereau of Mines IC 8945*.
- Gitman, L. J. (2007). *Principios de Administración Financiera, Decimoprimer Edición*. Ciudad de México: Addison Wesley.
- H. Natumen, H. A. (1995). Copper heap leaching-solvent extraction-electrowining process at the Zaldivar mine. *Cobre 95, vol. 3, 757 - 772*.
- H.J. Heinen, R. L. (1979). Enhancing Percolation Rates in Heap Leaching of Gold-Silver Ores. *U.S. Bureau of Mines, RI 8388*.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (1998). *Metodología de la Investigación*. México D.F.: McGrawHill.
- Hiskey, J. B. (1985). Gold and Silver Extraction; the Application of Heap-leaching Cyanidation. *Arizona Buereau of Geology and Mineral Technology Fieldnotes, v15, no 4, 1-5*.
- J. Fred Weston, T. E. (1995). *Finanzas en Administración*. México D.F.: McGraw-Hill.
- J.H. Taylor, P. W. (1942). "The Leaching of Cupreous Pyrities and the Precipitation of Cooper at Rio Tinto, Spain. *Institution of Mining and Metallurgy Bulletin, 457, 1-36*.

- J.H. Taylor, P. W. (1942). The Leaching of Cupreous Pyrites and the Precipitation of Cooper at Rio Tinto, Spain. *Institution of Mining and Metallurgy Bulletin*, 457, 1-36.
- J.H. Taylor, P. W. (1942). The Leaching of Cupreous Pyrities and the Precipitation of Copper at Rio Tinto, Spain. *Institution of Mining and Metallurgy Bulletin*, 457, 1-36.
- John R. Canada, W. G. (1997). *Análisis de la Inversión de Capital para Ingeniería y Administración*. Ciudad de México: Prentice-Hall.
- Lillo, J. (1994). Factibilidad técnico - económica de incorporar minerales sulfurados y oxidados de baja ley a la producción de la mina Los Bronces. *Memoria para optar al título de ingeniero civil en Minas*. Área Metropolitana: Universidad de Chile.
- Michaelis, H. V. (1985). Role of Cyanide in Gold and Silver Recovery. *En: Cyanide and the Environment*, D. Van Zyl (ed.), Colorado State University. (BiTech Publishers, Vancouver).
- Murr, L. (1980). Theory and practice of copper sulphide leaching in dumps and in-situ. *Minerals Science Engineering*, vol 12 y 13, 121 - 189.
- Myers, R. A. (1995). *Fundamentos de Financiación Empresarial*. Madrid: McGraw-Hill.
- Nassir Sapag Chain, R. S. (2000). *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Santiago de Chile: McGraw-Hill.
- Parada, R. (1996). *Inversión en el Mercado Bursátil*. Santiago de Chile: Editorial Jurídica ConoSur.
- Potter, G. (1981). Design Factors of Heap Leaching Operations. *Mining Engineering*, v33, 277-281.
- R. Canello, H. S. (1995). Piloting of bacterial leach process at Quebrada Blanca, vol. 3. *Cobre 95*, 773 - 780.
- R. Montealegre, o. (1995). Copper sulphide hydrometallurgy and thin layer bacterial leaching technology of Sociedad Minera Pudahuel. *Cobre 95*, vol. 3, 781 - 793.

- R.J. Kelley, G. Z. (1995). Heap leaching of cooper oxide ores - scale-up between laboratory and pilot-plant results. *Cobre 95, vol. 3, 743 - 755.*
- Richard A. Brealy, S. C. (1995). *Fundamentos de Financiación Empresarial.* Madrid: McGraw-Hill.
- Stephen A. Ross, R. W. (2000). *Finanzas Corporativas.* Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Thorstad, L. (1987). Hoe Heap Leaching Changed the West. *World Investment News, a Pacific Regency Publication, Vancouver, B.C., Febrero, 31-33.*
- Weston, T. E. (1986). *Financial Theory and Corporate Policy.* New York: Addison-Wesley Publishing Company.