



UNIVERSIDAD DE CHILE

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA**

ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES

DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

**ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS PLANTAS
PROCESADORAS DE ÁRIDOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA**

Memoria para optar al Título

Profesional de Ingeniero Forestal

FRANCISCO JAVIER ACEVEDO VALENZUELA

Profesor Guía: Sr. Manuel Toral Ibáñez. Ingeniero Forestal,

Doctor en Ciencias Forestales y Recursos Naturales

Santiago, Chile

2009

UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y
CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA
ESCUELA DE CIENCIAS FORESTALES
DEPARTAMENTO DE MANEJO DE RECURSOS FORESTALES

ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE DOS PLANTAS
PROCESADORAS DE ÁRIDOS EN LA REGIÓN METROPOLITANA

Memoria para optar al Título
Profesional de Ingeniero Forestal

FRANCISCO JAVIER ACEVEDO VALENZUELA

Calificaciones:	Nota	Firma
Prof. Guía Dr. Sr. Manuel Toral Ibáñez	6,5	.....
Prof. Consejero Sr. José Tomás Karsulovic Carrasco	7,0	.....
Prof. Consejero Ph.D. Sr. Gabriel Mancilla Escobar	6,9	.....

*A Dios,
A mis padres; Ana María y Leopoldo,
A mi abuela Adriana,
A mi familia.*

AGRADECIMIENTOS

El fin de un ciclo y el comienzo de una nueva etapa, donde muchas personas han contribuido en este trabajo y a quienes dedico estas palabras.

Agradecer a mi profesor guía Sr. Manuel Toral, por sus valiosos comentarios, experiencia y gran disposición en el desarrollo de este trabajo. A los profesores consejeros; Sr. Tomás Karsulovic y Sr. Gabriel Mancilla por su disposición y consejos para mejorar esta memoria.

Agradecer al Sr. Carlos Acevedo de Agregados Río Maipo y el Sr. Marcos Aguilar de Sociedad El Huite, por permitirme ingresar a sus plantas procesadoras, compartir información y experiencia para este trabajo.

A los Ingenieros de Caminos; Sr. Raúl Faundez de Masisa, Sr. Pedro Lucero de Forestal Valdivia, Sr. Leonardo Ortiz de Forestal Celco y Sr. Rodolfo Rebolledo de Forestal Mininco, por compartir su experiencia profesional y buena disposición para responder las entrevistas que aportaron importantes datos para el desarrollo de esta memoria.

A mis padres; Ana María y Leopoldo, a quienes debo lo que soy y más, pero sobre todo por su amor y consejos. Gracias por respetar mis tiempos y decisiones, los quiero mucho.

A mi abuela Adriana, que desde el cielo me guía y protege, con quien me hubiese encantado poder compartir estos momentos. A mi abuela Raquel, quien también a su manera, nunca ha dejado de entregarme sus bendiciones.

A mis hermanos adoptivos; Fabiola, quien todos los días me recordaba que debía cumplir esta meta y Cristian, por su tremendo aporte a este trabajo con sus consejos y experiencia profesional. A Luis, quien también ha participado de todo este proceso.

A toda mi familia, a mis padrinos; Margarita y Miguel Angel, y en especial a la nueva generación; Alfonsina, Benjamín, Carlos, Luis, Santiago y Felipe a quienes debo la inspiración de que hay que trabajar por un futuro mejor.

A mis compañeros y amigos; Ximena, Antonella, Vania y David, con quienes pasé horas de estudio, meses de terreno e innumerables reuniones sociales y quizás cuantas cosas más en el futuro. Sé que quedan muchas personas sin nombrar, pero sepan que cada uno de ustedes apporto de distintas maneras en mi formación personal y profesional, los recordare por siempre.

Reservo este espacio para Gabriela, con quien compartí los mejores y más bellos años de universidad y hasta hoy, de mi vida, los que guardare por siempre en mi corazón junto a ti.

INDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN

ABSTRACT

1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISION BIBLIOGRAFICA	3
2.1. Áridos en la Región Metropolitana	3
2.1.1. Formas de obtención de áridos en la Región Metropolitana.....	3
2.1.2. Características de la oferta geológica de los áridos en la Región Metropolitana.....	3
2.2. Descripción Técnica de los Equipos	4
2.2.1. Tolvas de alimentación o alimentadores	4
2.2.2. Cintas transportadoras	4
2.2.3. Criba.....	5
2.2.4. Chancadora.....	5
2.2.4.1. Chancadora de mandíbulas	5
2.2.4.2. Chancadora de cono	6
3. MATERIAL Y MÉTODO.....	7
3.1. Material.....	7
3.1.1. Descripción del área de estudio	7
3.2. Método.....	7
3.2.1. Descripción de los procesos de explotación y determinación de las características específicas de los procesos de la planta.....	7
3.2.2. Comparación de los procesos productivos de las plantas de áridos.....	8
3.2.3. Análisis de la situación de los áridos en el sector forestal chileno	9
4. RESULTADOS.....	11
4.1. Caracterización de los procesos en las plantas de áridos analizadas en la Región Metropolitana	11
4.1.1. Planta de pozo	11
4.1.2. Planta de banco de río	12
4.2. Descripción de los equipos según rendimiento	14
4.2.1. Alimentadores o tolvas.....	14
4.2.2. Cintas transportadoras.....	14
4.2.3. Cribas	15
4.2.4. Chancadoras	17
4.3. Estimación Costos de Equipos	19
4.3.1. Alimentadores o tolvas.....	19
4.3.2. Cintas transportadoras	19
4.3.3. Cribas	19
4.3.4. Chancadoras	20
4.4. Comparación económica de las distintas configuraciones de plantas de procesamiento	21
4.4.1. Inversión.....	21

4.4.1.1.	Gestiones legales.....	21
4.4.1.2.	Terreno	21
4.4.1.3.	Electricidad, obras civiles y montaje	21
4.4.1.4.	Adquisición de equipos.....	22
4.4.2.	Costos fijos.....	23
4.4.2.1.	Remuneraciones	23
4.4.2.2.	Otros gastos fijos.....	24
4.4.3.	Depreciación	25
4.4.4.	Costos variables	25
4.4.5.	Ingresos	25
4.4.5.1.	Precio del material chancado	25
4.4.5.2.	Capacidad instalada en la planta de áridos.....	26
4.4.6.	Análisis económico	26
4.4.6.1.	Flujo de caja privado planta de pozo.....	26
4.4.6.2.	Flujo de caja privado planta de río.....	27
4.4.7.	Análisis de Sensibilidad	28
4.5.	Análisis de los áridos en el sector forestal chileno.....	30
4.5.1.	Fortalezas y debilidades de la producción de áridos en el sector forestal.....	32
5.	DISCUSIÓN	33
5.1.	Propuestas de implementación	33
6.	CONCLUSIONES.....	38
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	40
8.	APÉNDICES.....	42
8.1.	Diagrama de una planta de banco de pozo	42
8.2.	Diagrama de una planta de banco de río	43
8.3.	Flujo de caja planta de pozo sin financiamiento	44
8.4.	Flujo de caja planta de pozo financiado 50%.....	45
8.5.	Flujo de caja planta de pozo financiado 100%.....	46
8.6.	Flujo de caja planta de río sin financiamiento	47
8.7.	Flujo de caja planta de río financiado 50%.....	48
8.8.	Flujo de caja planta de río financiado 100%.....	49
8.9.	Análisis unidimensional de la sensibilidad del VAN.....	50

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Principales características técnicas de los distintos tipos de alimentadores.....	14
Cuadro 2: Principales características técnicas de los distintos tipos de cintas transportadoras	15
Cuadro 3: Caudal máximo en relación al ancho de criba.....	16
Cuadro 4: Principales características técnicas de los distintos tipos de cribas	16
Cuadro 5: Principales características técnicas de los distintos tipos de chancadoras	18
Cuadro 6: Costos de adquisición de alimentadores.....	19
Cuadro 7: Costos de adquisición de cintas transportadoras	19
Cuadro 8: Costos de adquisición de cribas	20
Cuadro 9: Costos de adquisición de chancadoras	20
Cuadro 10: Pagos correspondientes a concesiones mineras (US\$).....	21
Cuadro 11: Valores de los terrenos	21
Cuadro 12: Costos de instalación eléctrica (US\$)	22
Cuadro 13: Costos de obras civiles y montaje de equipos (US\$)	22
Cuadro 14: Costos de Adquisición de los Equipos	23
Cuadro 15: Remuneraciones planta de pozo y de río (US\$).....	24
Cuadro 16: Resumen de otros gastos fijos (US\$)	24
Cuadro 17: Resumen de costos variables (US\$).....	25
Cuadro 18: Capacidades de producción de las plantas productoras de áridos	26
Cuadro 19: Precios de estabilizados y volúmenes demandados por las empresas forestales	33

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama de una planta de pozo	11
Figura 2: Diagrama de una planta de banco de río.....	13
Figura 3: Alimentador vibratorio sandvik serie SV	14
Figura 4: Cinta transportadora Good Year.....	15
Figura 5: Criba horizontal de caída libre Sandvik serie SF con tres deck y criba horizontal elíptica Sandvik serie CS con dos deck.....	17
Figura 6: Chancadora de mandibulas Sandvik serie S y esquema de funcionamiento	18
Figura 7: Chancadora de cono Nordberg serie HP y esquema de funcionamiento.....	18
Figura 8: Flujo de caja privado planta de pozo	26
Figura 9: Comparación del VAN de una planta de pozo para distintos financiamientos	27
Figura 10: Flujo de caja privado planta de río	27
Figura 11: Comparación del VAN de una planta de río para distintos financiamientos.....	28
Figura 12: Variación de los costos variables bajo tres situaciones de financiamiento	29
Figura 13: Variación del VAN en función del precio bajo tres situaciones de financiamiento	29
Figura 14: Variación del VAN en función de la tasa de descuento bajo tres situaciones de financiamiento.....	30
Figura 15: Variación del VAN en función de la producción bajo tres situaciones de financiamiento.....	30
Figura 16: Flujo de caja sin financiamiento para una planta de pozo en empresas forestales	33
Figura 17: VAN de un proyecto puro en un banco de pozo para empresas forestales	34
Figura 18: Flujo de caja financiado para una planta de pozo en empresas forestales.....	34
Figura 19: VAN de un proyecto financiado en un banco de pozo para empresas forestales	35
Figura 20: Flujo de caja puro para una planta de río en empresas forestales.....	35
Figura 21: VAN de un proyecto puro en un banco de pozo para empresas forestales	36
Figura 22: Flujo de caja financiado para una planta de río en empresas forestales	36
Figura 23: VAN de un proyecto financiado en un banco de pozo para empresas forestales	37

RESUMEN

La siguiente memoria pretende obtener una visión general de la industria de áridos, como también una descripción de los procesos productivos que sirva como base para la toma de decisiones en futuros proyectos de inversión y su proyección en el sector forestal.

Se plantea como objetivo general analizar técnica y económicamente los procesos de dos plantas procesadoras de áridos en la Región Metropolitana.

Los objetivos específicos son:

- Describir el proceso de explotación de áridos y determinar las características específicas de los procesos de la planta, detallando las maquinarias utilizadas en las distintas etapas, además de los costos y rendimientos asociados.
- Realizar una comparación técnica y económica de los procesos de ambas plantas de áridos.
- Analizar la situación de los áridos en el sector forestal chileno.

La metodología aplicada en la descripción de los procesos y su comparación técnica corresponde a una revisión de bibliografía relacionada a la industria de extracción y explotación de áridos junto con entrevistas realizadas a los jefes de las plantas procesadoras de áridos y especialistas de las empresas forestales relacionados a la construcción de caminos.

El análisis económico se realiza mediante el cálculo del Valor Actual Neto (VAN) de las dos plantas procesadoras de áridos bajo distintas situaciones de financiamiento. Además se incorpora un análisis de sensibilidad para ambos proyectos.

Se evalúa la situación actual de la producción de áridos en el sector forestal chileno y la viabilidad de implementar alguna de las plantas de áridos analizadas dentro de distintas empresas forestales, según la demanda y precio de compra del estabilizado para caminos.

El estudio revela que las plantas procesadoras analizadas, no presentan diferencias técnicas significativas en relación a los equipos que utilizan y que ambas configuraciones, son técnica y económicamente factibles.

Además, se indica que las plantas de áridos evaluadas, son técnica y económicamente viables dentro de las empresas forestales, bajo ciertas condiciones de demanda y precio de compra del estabilizado.

Palabras claves: Áridos, caminos forestales, proyecto de inversión.

ABSTRACT

TECHNICAL ECONOMIC ANALYSIS OF TWO AGGREGATES PROCESSING PLANT IN THE REGION METROPOLITANA

The following study seeks to obtain an overview of the aggregates industry, as well as a description of production processes provide a basis for making decisions on future investment projects and its projection in the forestry sector.

The general objective is technically and economically analyze the processes of two aggregates processing plants in the Region Metropolitana.

The specific objectives are:

- Describe the process of exploitation of aggregates and determine the specific characteristics of the processes of the plant, describing the machines used at different stages, plus associated costs and performance.
- Perform a technical and economic comparison of the processes of both aggregates plants.
- Review the status of aggregates in the Chilean forestry sector.

The methodology used in the description of the processes and technical comparison concerning to a review of literature related to the extraction and exploitation of aggregates industry along with interviews with the heads of the aggregate processing plants and specialists from companies related to the forest road construction.

The economic analysis was performed by calculating the Net Present Value (NPV) of the two aggregate processing plants under different financing situations. Also incorporating a sensitivity analysis for both projects.

The current situation of production of aggregates in the Chilean forestry sector its developed and the feasibility of implementing some of the aggregates plants analyzed within different forest company according to demand and purchase price of stabilized for roads is evaluated.

The analysis reveals that the processing plants do not differ significantly in relation to techniques using equipment and both configurations are technically and economically feasible.

It is also indicated that aggregated plants evaluated technically and economically are viable within the forest industry under certain conditions of demand and purchase price of stabilized.

Keywords: Aggregates, forest roads, investment project.

1. INTRODUCCIÓN

La demanda de áridos es de gran importancia en la industria de la construcción, principalmente en el área de las obras viales, su consumo es masivo y relevante en términos económicos para este tipo de obras.

Los áridos son unas de las materias primas minerales que están íntimamente relacionadas con el desarrollo socio-económico de cada país y, consecuentemente, con la calidad de vida alcanzada en la sociedad. Así, por ejemplo, en la construcción de un kilómetro de autopista se utilizan unas 18.000 toneladas de áridos. En las obras de carreteras el costo de estos materiales representa un valor entre 10 y 20% del costo total (López, 1998)

Se entiende por áridos, al conjunto de materiales pétreos, arena, grava y ripio de tamaño variable que provienen de yacimientos o canteras. La extracción de áridos, al igual que la explotación de algunos minerales no metálicos, puede ser considerada en la actualidad como la minería emergente en muchos países, debido al incremento de su demanda como materia prima en el área de la construcción y en obras civiles.

En los últimos años, debido al creciente impulso de la actividad forestal en el país, ésta ha necesitado implementar una serie de tecnologías para optimizar sus procesos, dentro de las cuales se encuentra la actividad de construcción de caminos para la cosecha y transporte de productos, además de accesos despejados para la administración, vigilancia y combate de incendios forestales.

La mayoría de estas actividades se desarrollan en el centro-sur y sur de Chile, donde los eventos de precipitaciones son abundantes durante todo el año, por lo que se requiere de caminos en buen estado y expeditos, para asegurar el flujo continuo y permanente durante todo el proceso productivo.

Es aquí donde la construcción y estabilizado de caminos forestales, requiere de una alta demanda de productos pétreos para su elaboración, que muchas veces no cumplen con las especificaciones necesarias o bien existen problemas de disponibilidad en los puntos de demanda.

En el sector forestal, no existe la información necesaria, actualizada y sistematizada de uso público para poder evaluar la posibilidad de que las empresas forestales, como también las empresas de servicios forestales, inviertan en plantas productoras de áridos que aseguren calidad y cantidad necesaria para abastecer sus proyectos de inversión y su proyección en el sector forestal.

Considerando lo expuesto, se plantea como objetivo general analizar técnica y económicamente los procesos de dos plantas procesadoras de áridos en la Región Metropolitana.

Para su cumplimiento se definen los siguientes objetivos específicos:

- Describir el proceso de explotación de áridos y determinar las características específicas de los procesos de la planta, detallando las maquinarias utilizadas en las distintas etapas, además de los costos y rendimientos asociados.
- Realizar una comparación técnica y económica de los procesos de ambas plantas procesadoras de áridos.
- Analizar la situación de los áridos en el sector forestal chileno.

2. REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1. Áridos en la Región Metropolitana

2.1.1. Formas de obtención de áridos en la Región Metropolitana

Sutter (2001), define cuatro formas de operación para obtener áridos en la Región Metropolitana: extracción desde canteras¹, pozos lastreros², bancos arenosos³ y lechos de ríos. Las dos últimas, presentan ventajas debido a la renovación del material, lo que permiten la limpieza permanente del cauce del río. Las desventajas radican en los bajos niveles de extracción en relación a la procedencia de pozos, ya que está sujeta a la existencia de reservas *in situ*, donde se debe esperar la renovación natural del material.

La extracción mecanizada de los áridos en pozos se realiza mediante el empleo de maquinaria pesada, y de acuerdo a un diseño de explotación que considera conceptos de bancos de ríos, canteras y taludes⁴. También se debe contar con un programa de trabajo que incluya los mecanismos de transporte. En este tipo de actividad, es particularmente importante la consideración de aspectos ambientales y territoriales en sus etapas de planificación, construcción, operación y abandono (Adasme, 2002).

De las opciones antes mencionadas, la extracción desde canteras casi no es aplicada en la Región Metropolitana (Sutter, 2001).

2.1.2. Características de la oferta geológica de los áridos en la Región Metropolitana

En la Región Metropolitana, la principal fuente de producción se encuentra en los denominados bancos de río. Entre ellos destacan, en primer lugar, el río Maipo, luego el río Mapocho y en menor medida los ríos o esteros Clarillo, Lampa y Colina (Saalfeld, 2005).

El suelo de Santiago está compuesto de diferentes unidades, que están definidas de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, basado en características granulométricas, nivel de excitabilidad (propiedad de responder a determinadas acciones que actúan sobre él, como cambios en su estructura) y distribución de los depósitos. En la zona se describen tres unidades que caracterizan a la mayor parte del país: Cordillera de los Andes, Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia. Ambas cordilleras contienen gran cantidad de materiales sedimentarios por la interacción de dos factores principales: variación climática y procesos tectónicos (Sutter, 2001).

La Depresión intermedia, en la cual se ubica casi totalmente la Región Metropolitana, se caracteriza por constituir un plano levemente inclinado hacia el oeste. Su composición se

¹ Explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales, ornamentales o áridos.

² Excavación de la que se extrae arena, ripio, grava, rocas u otros materiales áridos.

³ Acumulación de arena, grava o gravilla a lo largo del litoral o en el lecho de un río.

⁴ Inclinación de un terreno o del paramento de un muro.

debe a sedimentos glaciales, fluvio-glaciares, fluviales, lacustres, eólicos, y corrientes de barro. Todos ellos provienen principalmente de la Cordillera de los Andes, formando depósitos que han originado varias unidades geomorfológicas que constituyen el suelo de la Región Metropolitana, principalmente los depósitos fluviales compuestos por el cono del río Maipo, río Mapocho y río Colina (Sutter, 2001).

Aravena (2000), clasifica en dos grupos la disponibilidad de áridos en la Región Metropolitana. En la zona de Santiago, donde la oferta geológica se encuentra en el sector sur-poniente de la zona central y sur de la R.M. donde, se ha determinado que el espesor promedio para la obtención de material es del orden de 60 metros. Esta oferta está constituida por gravas muy compactas, de excelente graduación con lentes de arena y finos arcillosos. La granulometría varía desde bolones de tamaño de 25 centímetros hasta arenas con porcentajes de finos, con densidades bastante altas. La deformidad y permeabilidad de este material es baja dada la presencia de lentes finos incluidos dentro de ellas.

2.2. Descripción Técnica de los Equipos

2.2.1. Tolvas de alimentación o alimentadores

Estos equipos tienen como objetivo recibir y acopiar el material que será ingresado al proceso de chancado y clasificación. Los equipos de acopio son tolvas diseñadas para recibir y soportar el impacto de la caída del material, además de la acumulación de éste en su interior (Sazunic, 1999).

La capacidad de las tolvas se calcula según el ciclo de alimentación de la planta, asegurando un flujo continuo de material dentro del proceso.

Las tolvas incorporan en su parte superior, parrillas encargadas de seleccionar el tamaño máximo de las partículas que ingresan en el proceso.

2.2.2. Cintas transportadoras

Como una forma de optimizar el consumo de energía dentro de los procesos de producción, el transporte continuo por cintas se ha ido implementando de forma paulatina en las explotaciones a cielo abierto.

López (1998) destaca dentro de las principales ventajas de su uso se encuentran los bajos costos de operación y mantenimiento, eficiencia energética, altas capacidades de transporte y la facilidad de automatización de las operaciones. Por el contrario presenta inconvenientes como la fuerte inversión inicial y la baja versatilidad de adaptarse a los cambios de producción.

Las cintas pueden clasificarse según su movilidad en: fijas, ripables y móviles. Las cintas fijas son las más populares y de uso más generalizado. Las cintas ripables van colocadas sobre bastidores que permiten desplazamientos frecuentes mediante equipos auxiliares, de forma que desde cada posición se explota un bloque o módulo. Las cintas móviles disponen

de una estructura metálica semirrígida, constituida por módulos de unos 25 m de longitud, que van montadas sobre transportadores de oruga o ruedas (López, 1998).

En la explotación de áridos puede afirmarse que este sistema de transporte está indicado cuando las producciones previstas son superiores a 100 t/h y/o la distancia de acarreo superan el kilómetro (Mullar *et al.*, 2002)

2.2.3. Criba

Harnear significa la separación de un material en partículas de diferentes tamaños utilizando una malla u otro dispositivo cada uno con un tamaño de perforaciones diferentes. Las cribas son los principales equipos de selección, los cuales según su rendimiento, definirán la alimentación de otros equipos y la evacuación de los productos terminados (López, 1998).

Para que el proceso sea continuo la alimentación debe moverse sobre la criba, lo que se consigue con una malla fija a un marco vibrador o haciendo que la malla vibre mediante la ayuda de vibradores directamente fijos a ella.

La criba es alimentada mediante una transportadora a granel desde el frente, por sobre o desde arriba de la manera más uniforme posible. La descarga se realiza del mismo modo que la alimentación con tantas transportadoras como mallas de harneado tenga la criba (Sazunic, 1999).

En la elección de los equipos se debe considerar el tipo, con uno o dos sistemas de vibración de alta frecuencia o estándar, de dos o tres niveles de mallas y tamaño, para asegurar un óptimo proceso de los resultados (Sandvik, 2009b).

2.2.4. Chancadora

López (1998) establece que las diversas máquinas utilizadas en la reducción de tamaños actúan aplicando diferentes tipos de fuerzas, que son: compresión, cizalle, percusión o impacto y atracción o abrasión.

Alguno de estos tipos de fuerza suelen ser preponderante en cada tipo de máquina, por lo que se pueden clasificar en forma general en aparatos que actúan por: compresión, impacto o percusión y atracción (López, 1998).

Los equipos que actúan por compresión e impacto son los más utilizados en la trituración y los diseños varían dentro de cada uno según la granulometría para la que están diseñados, su capacidad y las características finales del producto.

2.2.4.1. Chancadora de mandíbulas

Este tipo de chancadora se clasifica como trituradores que actúan por fuerzas de compresión, dentro de los que destacan dos tipos:

- Chancadora de mandíbulas de doble efecto
- Chancadora de mandíbulas de simple efecto

La chancadora de mandíbulas de doble efecto consta de una mandíbula fija y otra móvil que está articulada en su parte superior sobre un eje que le permite acercarse y alejarse de la anterior para comprimir la roca entre ellas.

La fuerza para la compresión se comunica por medio de volantes movidos por el motor y que van sobre un eje excéntrico, diferente del anterior sobre el que oscila la mandíbula, que mueve una biela que a su vez va articulada mediante dos placas o tejas entre la mandíbula móvil y un punto fijo.

El material triturado y situado en la parte inferior, entre las mandíbulas, sale al abrirse éstas y recomienza el ciclo.

Este tipo de chancadora según López (1998), es un eficiente multiplicador de fuerzas que permite poder llegar a romper las rocas situadas entre las mandíbulas cuando estas se acercan.

La chancadora de mandíbulas de simple efecto es una simplificación de la anteriormente descrita y consiste en hacer que un solo eje haga a la vez de articulación para el giro de la mandíbula y de excéntrica, con lo que la mandíbula móvil debe hacer también de biela y se suprime una de las placas de articulación. Los restantes mecanismos son iguales a los de la chancadora de mandíbulas de doble efecto, siendo esta simplificación una importante reducción en los costos de la máquina.

2.2.4.2.Chancadora de cono

López (1998) lo considera como una adaptación de la chancadora de simple efecto con un eje de revolución. Consta de una mandíbula fija con forma de tronco de cono invertido que se denomina cóncavo, en el interior del cual se mueve de forma excéntrica por medio de un eje otro tronco de cono que se denomina nuez o cabeza.

El eje puede mover mediante un apoyo excéntrico o bien ser excéntrico con la nuez. En todo caso el eje y la nuez van montados de forma que en carga la nuez no gira (para disminuir el roce con el material a triturar), sino que tiene un simple movimiento de cabeceo, comprimiendo la roca contra la mandíbula fija en puntos sucesivos a lo largo de circunferencias sobre ella.

Al mismo tiempo que se realiza la aproximación en un punto, en el diametralmente opuesto se realiza la apertura permitiendo la salida del material, de forma que aún siendo en si discontinua la operación de trituración aparece como continua extremadamente debido a la simetría de revolución de la máquina, regularizándose de esta manera el trabajo del motor.

3. MATERIAL Y MÉTODO

3.1. Material

3.1.1. Descripción del área de estudio

El análisis se realizó en dos empresas ubicadas en la Región Metropolitana; la primera corresponde a la Planta de Agregados Río Maipo, propiedad del Grupo Polpaico, ubicada en la ribera norte del río Maipo, Comuna de Isla de Maipo. Esta planta extrae los materiales pétreos del cauce del río, siendo en la actualidad obtenidos a 2 km de distancia aguas abajo en relación a la ubicación de la planta.

La segunda planta de áridos perteneciente a la sociedad El Huite, está ubicada en el sector de Bajos de Mate, ribera sur del río Maipo, Comuna de Buin. Esta planta obtiene los materiales pétreos desde un pozo ubicado dentro del mismo terreno donde se encuentran las instalaciones productivas y administrativas de la planta.

3.2. Método

3.2.1. Descripción de los procesos de explotación y determinación de las características específicas de los procesos de la planta

Mediante revisión bibliográfica se describen, de forma general, los distintos procesos existentes para la obtención de áridos en la Región Metropolitana. Estos procesos se analizan en cuanto a la extracción del material pétreo, transporte interno, selección y chancado, hasta el acopio en la planta, identificando las configuraciones de cada una de las plantas productoras de áridos.

A través de visitas a las plantas y entrevistas con los jefes de plantas, se efectuó una descripción de los diferentes procesos que intervienen en la producción de áridos. Para esto se realizó un esquema de la configuración de los procesos de producción de cada planta, identificando la maquinaria utilizada, además se detallaron los flujos productivos dentro de cada una de las etapas de producción.

Además en esta etapa, se realizó un análisis técnico de las maquinarias utilizadas, tales como: alimentador, chancadora, cintas transportadoras y criba o harnero entre otros, detallando sus especificaciones técnicas.

Para el análisis técnico, se consultaron los manuales y catálogos de los fabricantes de cada uno de los equipos que presentaban las capacidades nominales de producción más cercanas a las capacidades requeridas para cada una de las plantas productoras de áridos y estabilizados analizadas. Además, para complementar y revalidar la información, se recopiló información de las empresas mediante entrevistas a los jefes de planta, de forma de poder determinar de modo empírico el máximo rendimiento de las maquinarias y sus costos.

3.2.2. Comparación de los procesos productivos de las plantas de áridos

Según la información obtenida sobre los rendimientos y costos de las maquinarias que intervienen en los procesos de producción de áridos en las plantas, se realizó una comparación técnica y económica de ambas situaciones.

Para la estimación de los costos, se utilizaron ecuaciones que correlacionan la capacidad de los equipos con el precio de adquisición en el mercado. La valoración de los costos se realizó aplicando un ajuste exponencial de capacidad el cual se basa en la Regla de Williams, López (1998); Mular *et al.* (2002) y Wellmer *et al.* (2008) que entrega un orden de magnitud de los costos con una precisión del 25%.

La Regla de Williams, relaciona las inversiones a una capacidad dada con las que corresponderían a un tamaño mayor, manteniendo el mismo proceso o tecnología, el cual se define de la siguiente manera:

$$\text{Costo}_2 = \text{Costo}_1 \times \left[\frac{\text{Capacidad}_2}{\text{Capacidad}_1} \right]^\alpha$$

El factor más crítico de este método de estimación es el valor del exponente α . En los proyectos de explotación lo habitual es que se encuentren empíricamente entre 0,5 y 0,9.

En cuanto a las plantas de tratamientos de áridos se cumple que:

$$\text{Costos} \approx (\text{Capacidad})^{\frac{2}{3}}$$

Con lo que puede aplicarse, sin mucho error, un factor exponencial de 0,67 (López, 1998).

Al no contar con los valores de los equipos de las plantas visitadas, se optó por este método que entrega un valor referencial y comparable para las dos plantas analizadas, mediante la consulta de precios a proveedores de equipos con similares capacidades y rendimientos.

Previo al análisis económico de ambas configuraciones se procedió a una descripción de la inversión, costos fijos y costos variables de cada una de las plantas procesadoras de áridos.

Posterior a la descripción de las variables económicas de las dos plantas procesadoras de áridos, se efectuó el análisis económico, mediante la confección de un flujo de caja privado, donde se realizó un cálculo en base a un proyecto con tres alternativas; sin financiamiento, con un 50 y 100% de financiamiento de la inversión respectivamente para ambas plantas. Para el cálculo de los Valores Actuales Netos (VAN) se utilizó una tasa de descuento del 12% según lo propuesto por López (1998) para los proyectos de minería no metálica.

Se realizó un análisis de sensibilidad del VAN el cual determina hasta donde se puede modificar el valor de una variable para que el proyecto siguiera siendo rentable. Este cálculo se fundamenta en el modelo unidimensional de la sensibilidad del VAN propuesto por Sapag y Sapag (2000) donde, haciendo el VAN igual a cero se busca determinar el punto de quiebre o variabilidad máxima de una variable que resistiría el proyecto.

$$VAN = 0$$

$$\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

Donde:

I_0 = Inversión inicial

Y_t = Ingresos en el período t

E_t = Egresos del período t

i = Tasa de descuento

t = Período

El principio fundamental del 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 una evaluación preliminar. La principal limitación del modelo es que sólo se puede sensibilizar una variable a la vez y de forma independiente.

Para el cálculo se analizaron las variables de precio, costos variables, producción y tasa de descuento, para lo cual se iteró cada una de las variables hasta que el valor del VAN se igualó a cero.

Los valores derivados del análisis unidimensional de la sensibilidad del VAN se ajustaron a los proyectos donde se evaluaron los cambios que se producen en el flujo de caja privado en escenarios favorables y desfavorables modificando los costos variables, el volumen de producción y el precio de comercialización de los áridos en $\pm 15\%$ en las dos plantas procesadoras. Igualmente se evaluó la variación en la tasa de descuento en un 6 y 18% respectivamente.

3.2.3. Análisis de la situación de los áridos en el sector forestal chileno

Se contactó a los Jefes de los Departamentos de Caminos de las principales empresas del sector forestal, Arauco (Celco y Forestal Valdivia), CMPC (Forestal Mininco) y Masisa, quienes contestaron una entrevista semiestructurada, donde comentaron la situación de la demanda de áridos, la forma de abastecimiento, los requerimientos técnicos de los materiales pétreos, los problemas de suministro, además de analizar la situación actual y futura de los áridos.

Una vez recopilada la información proveniente de las entrevistas, se realizó una estimación de factibilidad de los proyectos analizados dentro de las empresas forestales en base a los volúmenes demandados y precios de compra por metro cúbico de material para estabilizado de caminos.

Además se analizó las fortalezas y debilidades del sector forestal en relación a la industria de los áridos, en función de la información entregada por los Departamentos de Caminos de las distintas empresas forestales consultadas.

4. RESULTADOS

4.1. Caracterización de los procesos en las plantas de áridos analizadas en la Región Metropolitana

4.1.1. Planta de pozo

El transporte del material extraído desde el pozo se realiza de forma interna a través de camiones tolva que son cargados mediante una excavadora. Las distancias entre el punto de extracción y el lugar de procesamiento no son mayores a un kilómetro.

Una vez en la zona de procesos de la planta, el camión vierte el material en la tolva de alimentación, en caso contrario, el material es depositado en las zonas de acopio transitorio donde posteriormente un cargador frontal carga la tolva de alimentación.

El material desde la tolva es vaciado a un alimentador el cual mediante movimientos vibratorios regula y distribuye el paso del material integral hasta la boca de alimentación de la chancadora primaria. Durante el proceso, el alimentador realiza una preselección retirando el material sobre los 250 mm del circuito de producción y dejando pasar mediante una cinta transportadora el que se encuentra bajo los 125 mm hasta la criba clasificadora.

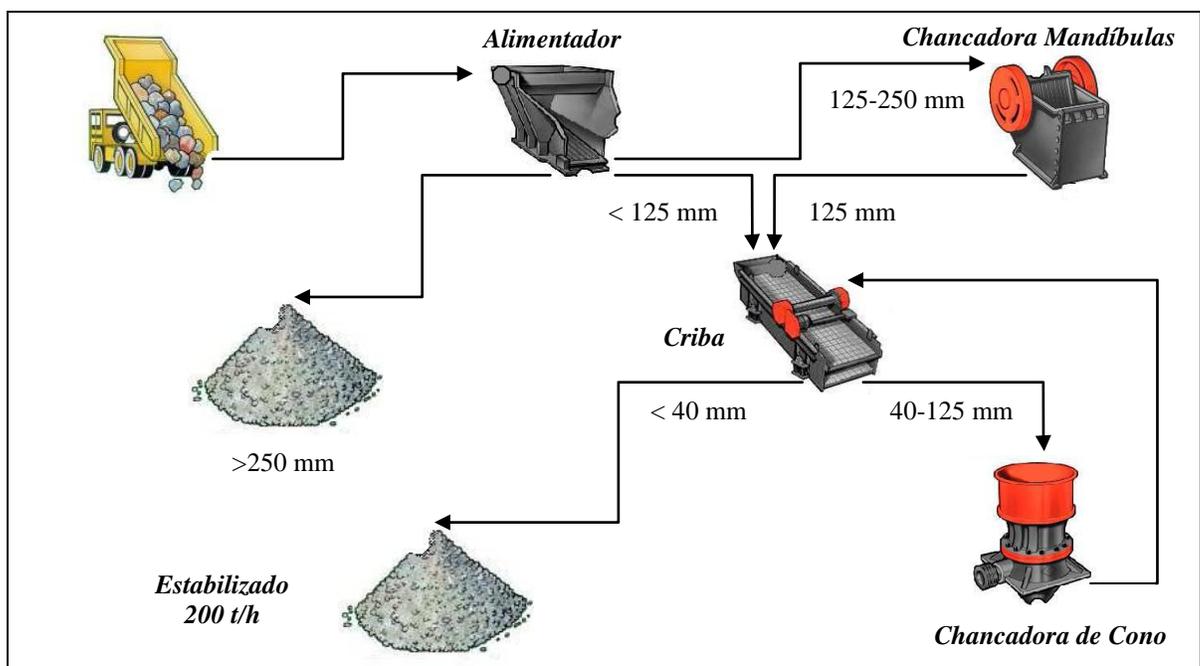


Figura 1: Diagrama de una planta de pozo

La trituración primaria es realizada por una chancadora de mandíbulas de simple efecto, que reduce el material pétreo a un tamaño de hasta 125 mm para posteriormente pasar mediante una cinta transportadora a una segunda clasificación en una criba o harnero de dos

*deck*⁵ los cuales tamizarán el material mediante movimientos vibratorios de la criba provocando que el material que se encuentra entre los 125 mm y 40 mm pasa a la segunda chancadora. El material bajo este rango pasa directamente al acopio final a través de una cinta transportadora como material fino.

La chancadora secundaria corresponde a uno de cono el cual es alimentado por medio de una cinta transportadora con material proveniente de la criba clasificadora. Esta chancadora mediante los movimientos excéntricos de su cabezal reduce el tamaño del material hasta 40 mm con un rendimiento cercano a las 200 t/h. El material chancado pasa al acopio final mediante de una cinta transportadora donde es clasificado como estabilizado.

Los procesos de producción de la planta de banco de pozo se muestran en la Figura 1, donde se representan los flujos del material chancado junto con los equipos que intervienen en el proceso. El detalle de la planta se presenta en el diagrama del Apéndice 8.1.

4.1.2. Planta de banco de río

Al encontrarse el punto de extracción a una gran distancia de la planta de procesamiento es necesario contar con una cantidad mayor de camiones tolva para poder sostener la demanda de material. El flujo de camiones que proveen de material presenta un flujo promedio de 15 camiones hora con un volumen transportado cercano a los 14 m³ por camión.

La alimentación con material integral se realiza mediante un cargador frontal a una tolva de alimentación que presenta un enrejado de acero que preselecciona y limpia de posibles elementos ajenos provenientes del arrastre del río. Además, se procura que la alimentación contenga un bajo porcentaje de finos, inferior al 6%, para evitar que se acumulen dentro de los equipos reduciendo su eficiencia.

El flujo de salida de material hacia la chancadora primaria se realiza mediante un alimentador, el cual por movimientos vibratorios vuelve a realizar una selección del material retirando del circuito de producción el material sobre los 200 mm y dejando pasar a través una cinta transportadora el que se encuentre bajo los 75 mm hasta la criba clasificadora.

Una vez preseleccionado el material pasa al chancado primario que es realizado por una chancadora de mandíbulas de simple efecto donde el material es reducido hasta aproximadamente los 75 mm. Una vez chancado, el material resultante pasa mediante una cinta transportadora hacia una criba *grizzly*⁶ de tres *deck* que clasifica el materia chancado por medio de movimientos vibratorios.

⁵ Capa o superficie de harneado.

⁶ Denominación que recibe el soporte de barras de la criba o harnero.

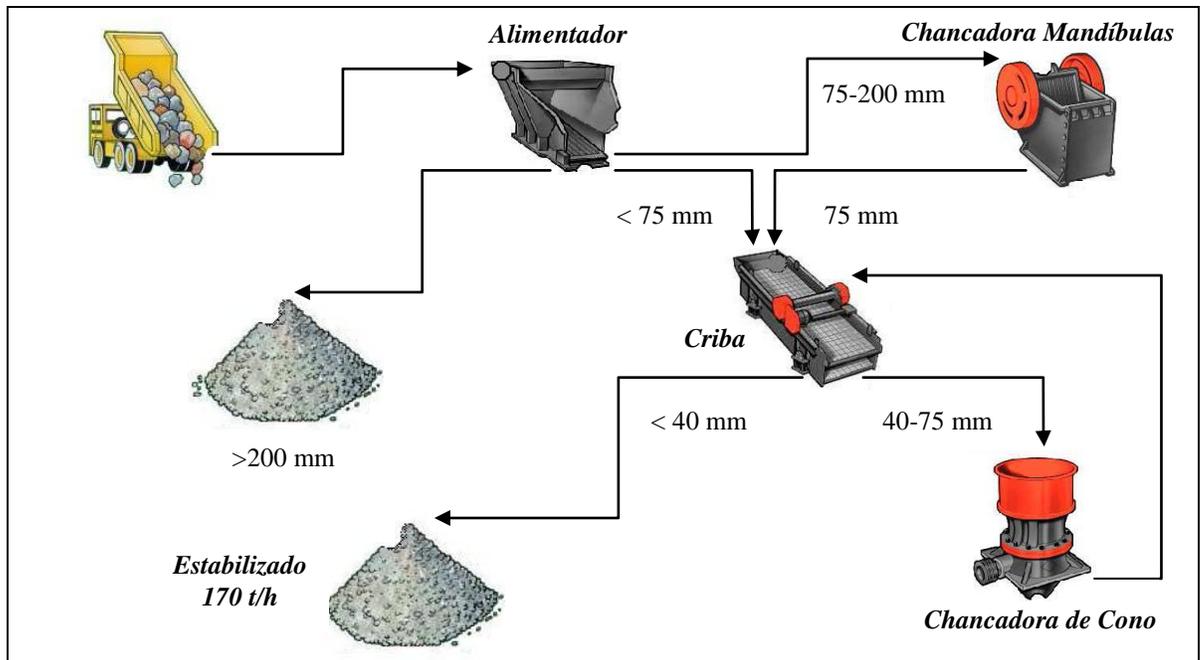


Figura 2: Diagrama de una planta de banco de río

El material que se encuentra en el rango de los 75 y 40 mm pasa a un segundo proceso de chancado en una chancadora de cono, que mediante movimientos excéntricos de su cabezal actúa como mandíbula, reduciendo el material hasta unos 30 mm donde es llevado por cintas transportadoras hasta el acopio final. De este proceso se obtiene un rendimiento final para esta etapa de chancado cercano a las 170 t/h.

Esta planta cuenta además con un sistema de clasificación y lavado para la obtención de materiales finos como gravillas y arenas que se son utilizados mayormente por la industria del hormigón.

Los procesos de obtención de material para estabilizado desde un banco de río se muestran en la Figura 2, donde se representan los flujos del material chancado y los equipos que intervienen en el proceso. El diagrama completo de la planta y el área de análisis se representa en el Apéndice 8.2.

4.2. Descripción de los equipos según rendimiento

4.2.1. Alimentadores o tolvas

Las principales características técnicas de los alimentadores se resumen en el Cuadro 1 para ambas plantas procesadoras de áridos. Las capacidades de estos equipos se calcularon en función de la capacidad de entrada y sus dimensiones de salida las cuales deben coincidir con la bocatoma de la chancadora primaria. En la Figura 3 se muestra un alimentador vibratorio de la serie SV de Sandvik.

Cuadro 1: Principales características técnicas de los distintos tipos de alimentadores

Planta	Modelo	Dimensiones (mm)		Tamaño Máximo de Alimentación (mm)	Potencia del motor (Kw)	Capacidad (t/h)
		Ancho	Largo			
Pozo	SV1152H Sandvik	1.075	4.825	700	18,5	360-600
Banco de Rio	SV1032 Sandvik	1.020	3.000	700	15	550



Fuente: Sandvik Minind and Construction, 2009a.

Figura 3: Alimentador vibratorio sandvik serie SV

4.2.2. Cintas transportadoras

Los datos de partida para proceder al dimensionamiento y diseño de una cinta son: las características del material a manipular, tonelaje horario a transportar, perfil de la ruta de transporte y frecuencia de cambios de situación.

Dentro de los parámetros de diseño final se consideraron: Ancho y velocidad de banda, tipo de banda, ángulo de inclinación y potencia de accionamiento como se resume en el Cuadro 2.

Cuadro 2: Principales características técnicas de los distintos tipos de cintas transportadoras

Planta	Ancho (mm)	Largo (mm)	Angulo de Inclinación (grados)	Altura (m)	Velocidad (m/s)	Potencia (Kw)	Caudal de diseño (toneladas)	Capacidad de transporte (TMPH ⁷)
Pozo	600	2.500	12	5,2	2,8	18,75	420	350
					1,5	11,25	240	200
Banco de Río	600	2.500	12	5,2	2,2	15	360	300
					1,5	11,25	240	200

La Figura 4 muestra una cinta transportadora estándar de 20 metros de largo de flujo ascendente del material chancado.



Fuente: Good Year, 2008

Figura 4: Cinta transportadora Good Year

4.2.3. Cribas

La capacidad las cribas se establecieron a través de datos proporcionados por los fabricantes, según las indicaciones para cada tipo de sistema de cribado respecto a sus capacidades medidas en toneladas por hora y por metro cuadrado.

La elección de un equipo, su dimensionamiento, o el cálculo del número de unidades a instalar, se efectuó de acuerdo a la capacidad previsible de tratamiento por metro cuadrado de superficie cribante y el caudal total a tratar.

⁷ Toneladas Métricas por Hora. Referencia técnica utilizada en ingeniería y que es equivalente a toneladas por hora (t/h)

Cuadro 3: Caudal máximo en relación al ancho de criba

Ancho de Criba (mm)	Caudal Máximo (m ³ /h)	Caudal Máximo (t/h)
500	50	80
750	90	144
1.000	135	216
1.250	190	304
1.500	250	400
1.750	320	512
2.000	400	640
2.500	60	96

Fuente: López, 1998

Una vez que se determinó la superficie cribante y el flujo de material según lo propuesto por López (1998) en el Cuadro 3, se procedió a la selección de los equipos de cribado los cuales se resumen en el Cuadro 4.

Cuadro 4: Principales características técnicas de los distintos tipos de cribas

Planta	Tipo de Criba	Modelo	N° de deck	Dimensiones (mm)		Peso (kg)	Superficie útil de cribado (m ²)	Potencia (Kw)	Tipo de malla
				Ancho	Largo				
Pozo	Horizontal Caída Libre	SF1443 Sandvik	2	1.400	3.540	3.200	4,96	12	Metálica
Banco de Río	Horizontal Elíptica	CS63D Sandvik	3	1.500	4.200	3.250	6,3	15	Modular

Las Figuras 5 y 6 muestran las cribas utilizadas en cada una de las plantas procesadoras de áridos.



Fuente: Sandvik Mining and Construction, 2009b.

Figura 5: Criba horizontal de caída libre Sandvik serie SF con tres deck y criba horizontal elíptica Sandvik serie CS con dos deck

4.2.4. Chancadoras

Los rendimientos que se evaluaron para las chancadoras de mandíbulas y cono son aproximaciones y proporcionan una referencia de lo que pueden producir. La capacidad TPH (Toneladas Métricas por Hora) se refiere a la trituración en circuito abierto de material seco con una densidad aparente de 1.600 kg/m^3 .

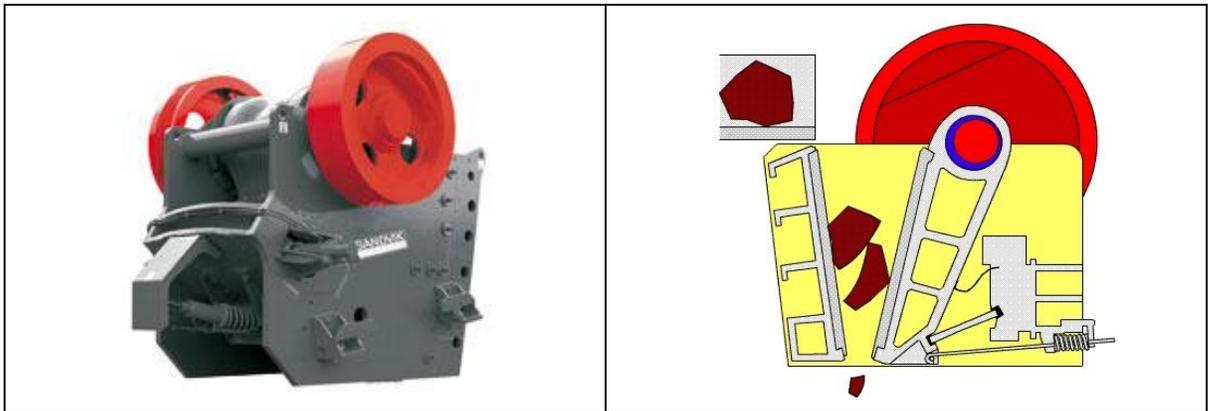
El CSS⁸ mínimo con el que puede utilizarse el triturador depende de la distribución de tamaños del material alimentado, de la triturabilidad y del contenido de humedad del mismo además del tipo de placas de mandíbula montadas.

Los equipos analizados se resumen en el Cuadro 5 donde se muestran sus principales características técnicas. Las Figura 6 y 7 muestra los dos principales tipos de chancadoras analizadas en ambas empresas procesadoras de áridos y sus respectivos esquemas de funcionamiento.

⁸ Closed Side Setting: Ajuste del lado cerrado de la mandíbula de la chancadora. Determina el tamaño máximo del producto chancado.

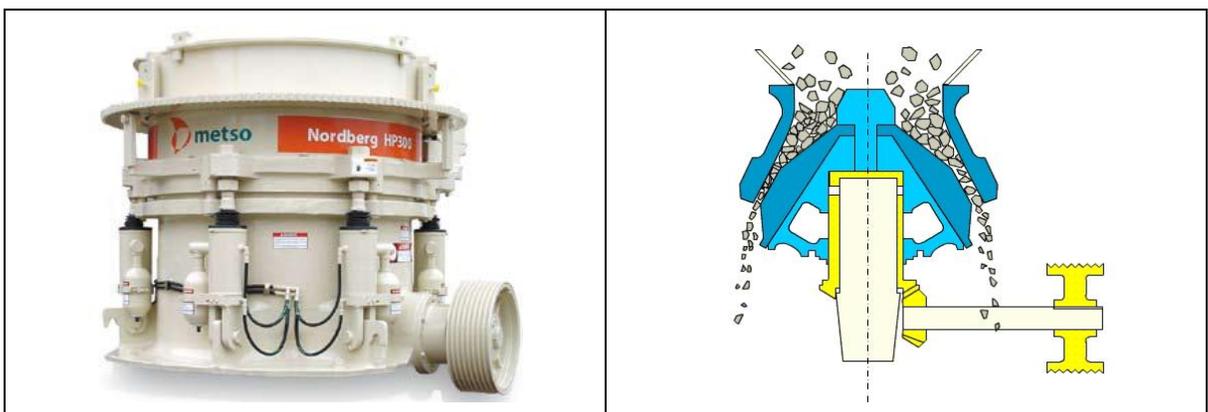
Cuadro 5: Principales características técnicas de los distintos tipos de chancadoras

Planta	Tipo de Chancadora	Modelo	Tamaño Máximo de Alimentación CSS (mm)	Tamaño Mínimo de Alimentación CSS (mm)	Potencia del Motor (HP)	Velocidad del Triturador (rpm)	Capacidad (TMPH)
Pozo	Mandíbulas	C125 Nordberg	250	125	200	220	235 - 370
	Cono	HP200 Nordberg	185	14	200	-	210 - 250
Banco de Pozo	Mandíbulas	1206HD Sandvik	200	75	125	270	220 - 380
	Cono	S3800 Sandvik	190	16	200	-	170 - 220



Fuente: Sandvik Mining and Construction 2009c

Figura 6: Chancadora de mandíbulas Sandvik serie S y esquema de funcionamiento



Fuente: Metso Mining and Construction Technology, 2009.

Figura 7: Chancadora de cono Nordberg serie HP y esquema de funcionamiento

4.3. Estimación Costos de Equipos

4.3.1. Alimentadores o tolvas

La estimación del valor de adquisición para los alimentadores de ambas plantas productoras de áridos (Cuadro 6) se realizó en base los valores de un alimentador modelo Sandvik SV1032, con una capacidad aproximada de 550 t/h, valorado en US\$60.905.

Cuadro 6: Costos de adquisición de alimentadores

Planta	Modelo	Potencia del Motor (Kw)	Capacidad (t/h)	Valor (US\$ ⁹)
Pozo	SV1152H Sandvik	18,5	360-600	64.561
Banco de Río	SV1032 Sandvik	15	550	60.905

4.3.2. Cintas transportadoras

La estimación de los valores de las cintas transportadoras (Cuadro7) se realizó en función de una cinta transportadora Good Year de 235 TMPH con las características técnicas antes señaladas y un costo de US\$63.083.

Cuadro 7: Costos de adquisición de cintas transportadoras

Planta	Potencia (Kw)	Caudal de diseño (toneladas)	Capacidad de transporte (TMPH)	Valor (US\$)
Pozo	18,75	420	350	82.380
	11,25	240	200	56.622
Banco de Río	15	360	300	79.007
	11,25	240	200	56.622

4.3.3. Cribas

El Cuadro 8 resume el valor estimado de adquisición de la cribas (harneros) para ambas plantas de áridos donde se evaluó con una criba vibratoria modelo Sandvik MSO1540 de Doble *Deck*, con una capacidad aproximada de cribado igual a 6 m², valorado en US\$67.029 .

⁹ Tipo de cambio: US\$1 = CLP\$529 (30 de junio, 2009)

Cuadro 8: Costos de adquisición de cribas

Planta	Modelo	Número de deck	Potencia del Motor (Kw)	Superficie útil de cribado (m ²)	Valor (US\$)
Pozo	SF1443 Sandvik	2	12	4,96	59.003
Banco de Río	CS63D Sandvik	3	15	6,3	73.823

4.3.4. Chancadoras

El valor de adquisición de las chancadoras de mandíbulas se estimó mediante la comparación con la chancadora de mandíbulas Sandvik modelo CJ411 con una capacidad aproximada de chancado de 265 TMPH valorado en US\$231.814.

La estimación del valor de adquisición para las chancadoras de cono se efectuó en base al equipo Metso modelo HP300 con una capacidad estimada de 300 TMPH valorado en US\$221.387.

Los costos estimados para ambos tipos de chancadoras se resumen en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Costos de adquisición de chancadoras

Planta	Tipo	Modelo	Potencia del Motor (Kw)	Capacidad (TMPH)	Valor (US\$)
Pozo	Mandíbulas	C125 Nordberg	150	235 - 370	279.312
	Cono	HP200 Nordberg	150	210 - 250	174.328
Banco de Río	Mandíbulas	1206HD Sandvik	94	220 - 380	234.735
	Cono	S3800 Sandvik	150	170 - 220	151.314

4.4. Comparación económica de las distintas configuraciones de plantas de procesamiento

4.4.1. Inversión

4.4.1.1. Gestiones legales

Las gestiones legales previas a la conformación de una planta procesadora de áridos, resumidas en el Cuadro 10, tienen relación con los pagos correspondientes a las concesiones mineras reguladas por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN, 2007) los que se constituyen por pagos de tasas, mensuras y patentes mineras en relación a la superficie concesionada.

Cuadro 10: Pagos correspondientes a concesiones mineras (US\$)

Tipo de Pago	Planta de Pozo	Planta de Río
Pago de tasa	6,6	2,1
Patente Proporcional	26,4	8,3
Mensura	132,1	41,7
TOTAL	165,1	52,1

4.4.1.2. Terreno

Se valoró el terreno donde se ubican las dos plantas procesadoras de áridos según su valor comercial para suelos de uso industrial en función de lo indicado en el plano regulador de ambas comunas, como una forma de obtener el valor del costo de oportunidad de utilizar el terreno en otra actividad rentable. Los valores estimados se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11: Valores de los terrenos

Planta	Superficie (m ²)	Valor (UF/m ²)	Valor Terreno (UF ¹⁰)	Valor Terreno (US\$)
Pozo	190.000	0,0125	2.375	93.968
Banco de Río	60.000	0,01	600	23.739

4.4.1.3. Electricidad, obras civiles y montaje

Ambas plantas procesadoras de áridos se encuentran bajo el suministro eléctrico de Chilectra S.A. la cual publica las distintas tarifas de sus servicios informados dentro de los que se encuentran los valores de empalme y derecho de potencia que se muestran en el

¹⁰ Valor Unidad de Fomento: 1 UF = CLP\$20.933 (30 de junio, 2009)

Cuadro 12. El cálculo se efectuó para una potencia de de 360 Kw correspondientes a la planta de pozo y 300 Kw para la planta de río. En ambos casos se utilizó un factor de seguridad del 10% sobre la potencia demandada.

Cuadro 12: Costos de instalación eléctrica (US\$)

Planta	Empalme	Derecho Potencia	Total
Pozo	6.121	5.719	11.841
Banco de Río	6.121	4.766	10.887

Los valores correspondientes al montaje fueron entregados por los jefes de planta de ambas empresas, según sus estimaciones y las referencias entregadas por fabricantes de los equipos en relación sus capacidades de producción. El valor del cierre de la propiedad se calculó según la información entregada por los jefes de planta de ambas empresas y se resumen en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Costos de obras civiles y montaje de equipos (US\$)

Planta	Cierre propiedad	Montaje
Pozo	15.120	4.725
Banco de Río	4.725	4.252

4.4.1.4. Adquisición de equipos

En relación a los valores obtenidos en el capítulo 3.5 donde se estimaron los valores de adquisición de los equipos, se presenta en el Cuadro 14 un resumen con los costos de los equipos para ambas plantas procesadoras de áridos.

Cuadro 14: Costos de adquisición de los equipos

Planta	Equipo	Tipo	Modelo	Precio (US\$)	Total (US\$)
Pozo	Chancadora	Mandíbulas	C125 Nordberg	279.312	716.207
		Cono	HP200 Nordberg	174.328	
	Criba	Horizontal Caída Libre	SF1443 Sandvik	59.003	
	Alimentador	Tolva	SV1152H Sandvik	64.561	
	Cinta transportadora	Alimentación		82.380	
	Cinta transportadora	Retorno		56.622	
Banco de Pozo	Chancadora	Mandíbulas	1206HD Sandvik	234.735	660.004
		Cono	S3800 Sandvik	151.314	
	Criba	Horizontal Elíptica	CS63D Sandvik	73.823	
	Alimentador	Tolva	SV1032 Sandvik	60.905	
	Cinta transportadora	Alimentación		79.007	
	Cinta transportadora	Retorno		56.622	

4.4.2. Costos fijos

4.4.2.1. Remuneraciones

En el cálculo de las remuneraciones se consideró una situación promedio de la renta percibida por los trabajadores en cifras aproximadas para ambas plantas procesadoras de áridos según la información entregada por los jefes de planta.

Ambas configuraciones presentan igual número de trabajadores en la planta, aunque la planta de río requiere de más equipos externos, estos trabajadores no son contratados por las empresas, sino por las empresas prestadoras de servicios (Cuadro 15).

Cuadro 15: Remuneraciones planta de pozo y de río (US\$)

Cargo	Cantidad	Remuneración	Total
Jefe de Planta	1	1.134	1.134
Asistente de Planta	1	756	756
Operadores	4	378	1.512
Cargadores	4	472	1.890
Sub Total			5.292
Leyes Sociales (20%)			1.047
Total Mensual			6.340
Total Anual			76.082

4.4.2.2. Otros gastos fijos

En los gastos de administración se consideró un valor anual correspondiente a facturas, trámites legales, planillas de sueldos, ordenes de despacho entre otros. El valor resultó de un promedio estimado por los jefes de planta y se consideró igual cifra para ambas plantas procesadoras.

La patente industrial correspondió a la 5/1000 del capital propio de cada planta procesadora según lo estipulado por el Decreto Ley N°3.063 como pago anual obligatorio para todo tipo de actividad industrial.

Además, el artículo 40 del D.L. 3.063 obliga a las personas naturales o jurídicas a pagar derechos municipales relativos a los derechos de extracción otorgados. Estos corresponden a un pago mensual correspondiente a 0,01 U.T.M. por metro cúbico extraído de pozo y río, más un pago anual de 0,05 U.T.M por metro cuadrado utilizado de un bien de uso público, que se aplica a la extracción de banco de río. Esta condición correspondió a ambas comunas donde se encuentran las plantas procesadoras con los mismos valores antes mencionados y resumidos en el Cuadro 16.

Cuadro 16: Resumen de otros gastos fijos (US\$)

Gasto	Planta de Pozo	Planta Banco de Río
Administración	45.000	45.000
Concesión Minera	165	52
Patente Industrial	4.209	3.518
Pago Municipal	333.792	457.573
Total	383.166	506.149

4.4.3. Depreciación

Para ambas situaciones analizadas se calculó una devaluación para los equipos que considero una devaluación a diez años con un valor residual del 10%. Los costos anuales de depreciación para la planta de pozo fueron de US\$64.458 y US\$59.400 para la planta banco de río.

4.4.4. Costos variables

Los costos variables, que se resumen en el Cuadro 17 incluyen el consumo anual de energía eléctrica, la cual se calculó en función del cargo fijo, el consumo de energía por hora y la potencia contratada en horario normal y punta para ambas configuraciones según lo publicado por la compañía de servicios eléctricos Chilectra S.A.

La mantención incluye los costos de lubricantes, partes y piezas de todos los equipos que participan de la cadena de producción en ambas plantas productoras de áridos.

El arriendo de equipos considera el arriendo de excavadoras, cargadores frontales y camiones para el transporte de material interno y externo a la planta. Se calculó el arriendo para un tiempo de 16 horas diarias por 20 días de trabajo al mes.

Cuadro 17: Resumen de costos variables (US\$)

Gasto	Planta de Pozo	Planta Banco de Río
Energía Eléctrica	314.880	245.760
Mantención Equipos	89.427	85.225
Arriendo de Equipos	279.433	471.771
Total	683.740	802.756

4.4.5. Ingresos

4.4.5.1. Precio del material chancado

Basándose en la información que se obtuvo en la visita de ambas plantas procesadoras y en la información entregada por las distintas empresas forestales consultadas se optó por tomar un precio de referencia promedio de CLP\$2.500 por metro cúbico de estabilizado en función de la alta variabilidad que presenta este producto dependiendo de la calidad y ubicación.

Además se consideró el supuesto que la capacidad de producción obtenida en ambas plantas corresponde a un 75% de material para estabilizado (según los jefes de planta consultados), en función de las pérdidas o calibres de material fuera del rango requerido, descartando la comercialización de estos productos posibles de obtener como gravas, gravillas y arenas.

4.4.5.2. Capacidad instalada en la planta de áridos

La capacidad instalada para ambas plantas procesadoras de áridos se calculó en función de los rendimientos de los equipos de chancado y clasificación, considerando dos turnos de ocho horas cada uno, en base a 20 días por mes durante un año completo. Las capacidades obtenidas se resumen en el Cuadro 18.

Cuadro 18: Capacidades de producción de las plantas productoras de áridos

Planta	TMPH Diseño	TMPH Producción	Capacidad Total (t)	Capacidad Total (m ³)
Pozo	250	200	768.000	480.000
Banco de Río	210	170	652.800	408.000

4.4.6. Análisis económico

4.4.6.1. Flujo de caja privado planta de pozo

El flujo de caja privado para la planta de pozo representado en la Figura 8 muestra en el período cero una un flujo negativo provocado por la fuerte inversión en equipos, terreno y puesta en marcha con cifras cercanas a US\$1.286.769 para el proyecto sin financiamiento y US\$168.166 para el proyecto financiado en un 100%. El flujo de caja arroja cifras al final del año 10 de US\$1.007.391 para el proyecto puro y de US\$871.981 para el proyecto financiado completamente (Apéndices 8,3, 8.4 y 8.5).

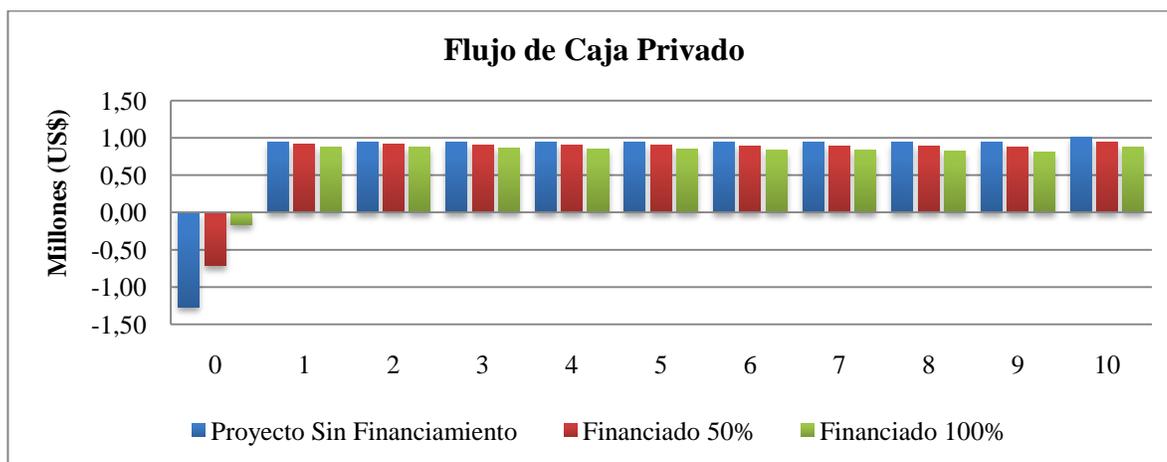


Figura 8: Flujo de caja privado planta de pozo

El análisis muestra que en la evaluación de las tres situaciones resulta un VAN positivo que varía entre los 4 y 4,6 millones de dólares (Figura 9).

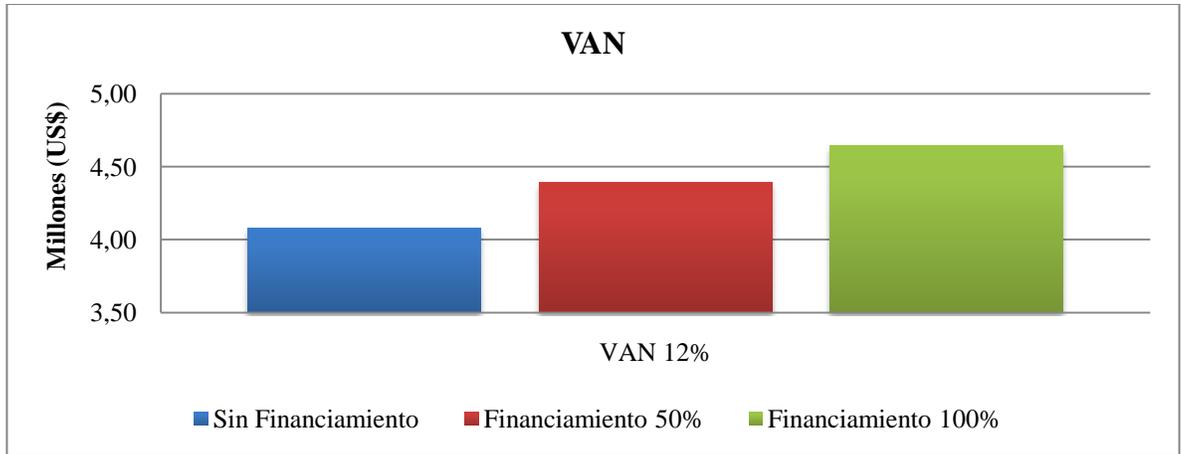


Figura 9: Comparación del VAN de una planta de pozo para distintos financiamientos

4.4.6.2. Flujo de caja privado planta de río

El flujo de caja privado para la planta de banco de río representado en la Figura 10 muestra en el período cero un flujo negativo al igual que en la situación de pozo, asociado a la fuerte inversión en equipos, terreno y puesta en marcha con valores negativos de -US\$1.122.203 para el proyecto sin financiamiento y de -US\$212.185 para el proyecto financiado en un 100%. En el último período del flujo de caja privado se alcanzarán valores cercanos a US\$511.904 y US\$391.764 para el proyecto sin financiamiento y financiado 100% respectivamente (Apéndice 8.6, 8.7 y 8.8).

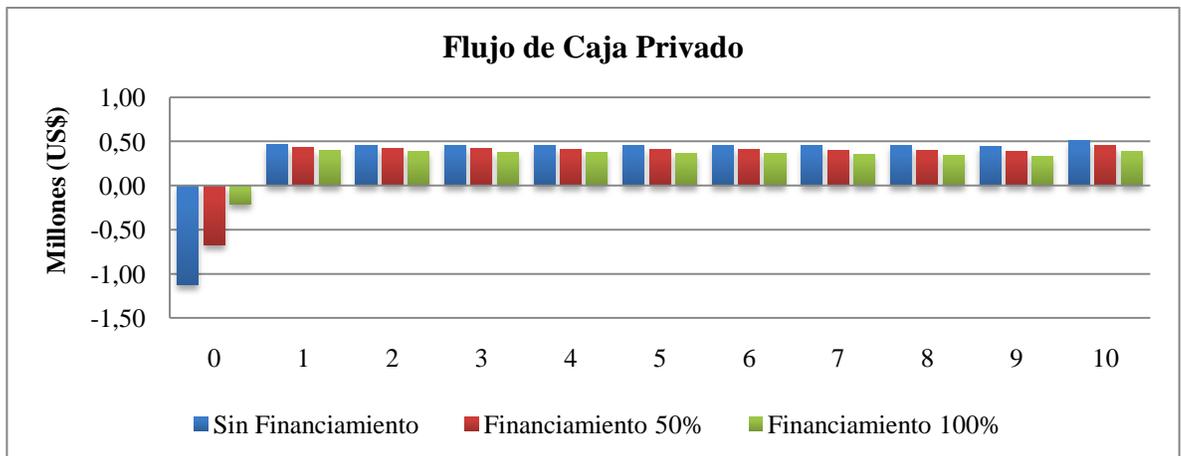


Figura 10: Flujo de caja privado planta de río

En relación a los VAN del proyecto de planta de río como se muestra en la Figura 11 donde para el proyecto sin financiamiento se muestran valores de US\$1.470.194 mientras que para el proyecto financiado completamente US\$1.889.477.

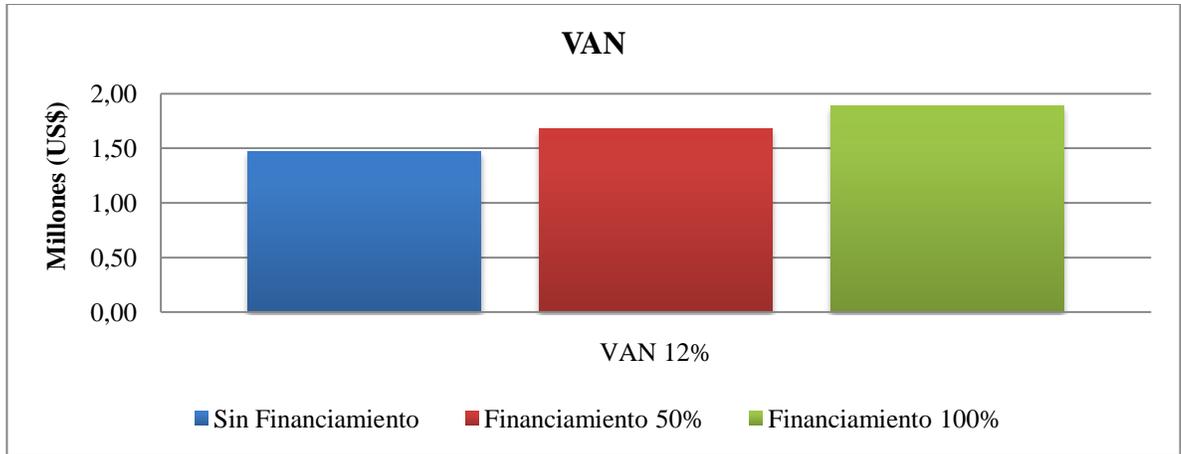


Figura 11: Comparación del VAN de una planta de río para distintos financiamientos

4.4.7. Análisis de Sensibilidad

Se aplicó el modelo unidimensional de la sensibilidad a cada proyecto considerando la modificación de cuatro variables correspondientes a los costos variables, precio, producción y tasa de descuento.

Los resultados que se obtuvieron del análisis de sensibilidad se muestran en el Apéndice 8.9 donde para cada situación de financiamiento de los proyectos se modificaron las variables antes descritas. Se resumen los valores de las variables para el VAN calculado, los valores que hacen el VAN igual a cero y el porcentaje máximo de variación de cada una de las variables para el tipo de proyecto y financiamiento.

Basado en los resultados obtenidos, se determinó modificar los costos variables para ambas plantas procesadoras en $\pm 15\%$ para las tres situaciones de financiamiento como muestra la Figura 12 donde todos los VAN representan valores positivos. El proyecto de planta de río muestra valores por debajo de los alcanzados por la planta de pozo para las tres situaciones de financiamiento.

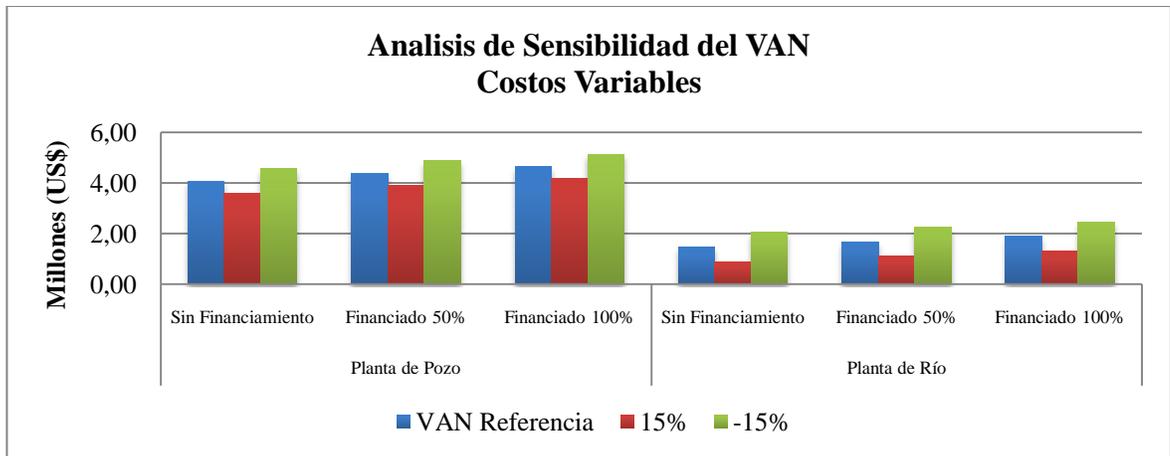


Figura 12: Variación de los costos variables bajo tres situaciones de financiamiento

La modificación de los precios del material para estabilizado en $\pm 15\%$ se representa en la Figura 13, donde la disminución del precio afecta significativamente a el proyecto de banco de río mientras que el proyecto de pozo muestra una mayor tolerancia a este cambio.

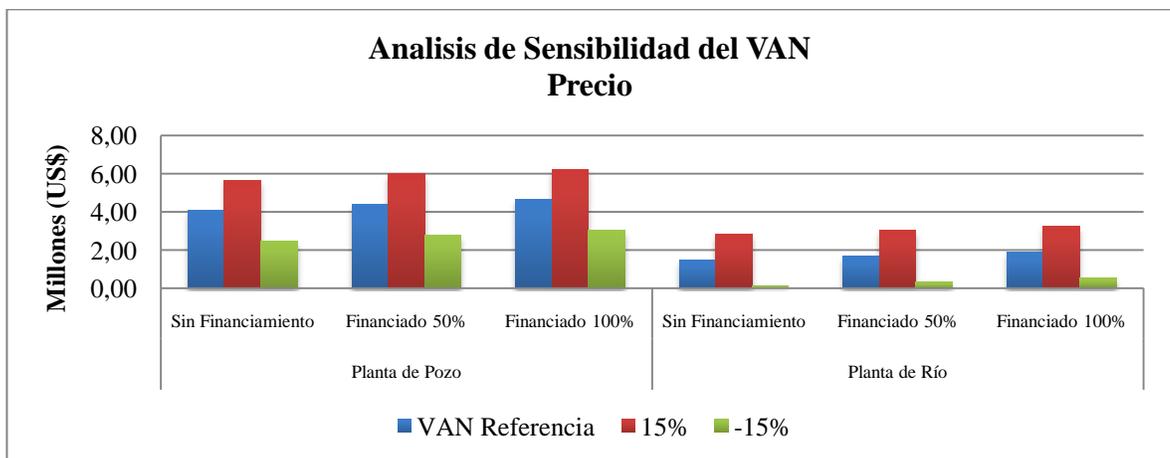


Figura 13: Variación del VAN en función del precio bajo tres situaciones de financiamiento

La variación de la tasa de descuento se realizó entre 6 y 18% para ambos proyectos como se representa en la Figura 14 donde el proyecto de banco de río muestra una menor variación en magnitud de su VAN con respecto a la situación de pozo al modificar su tasa de descuento.

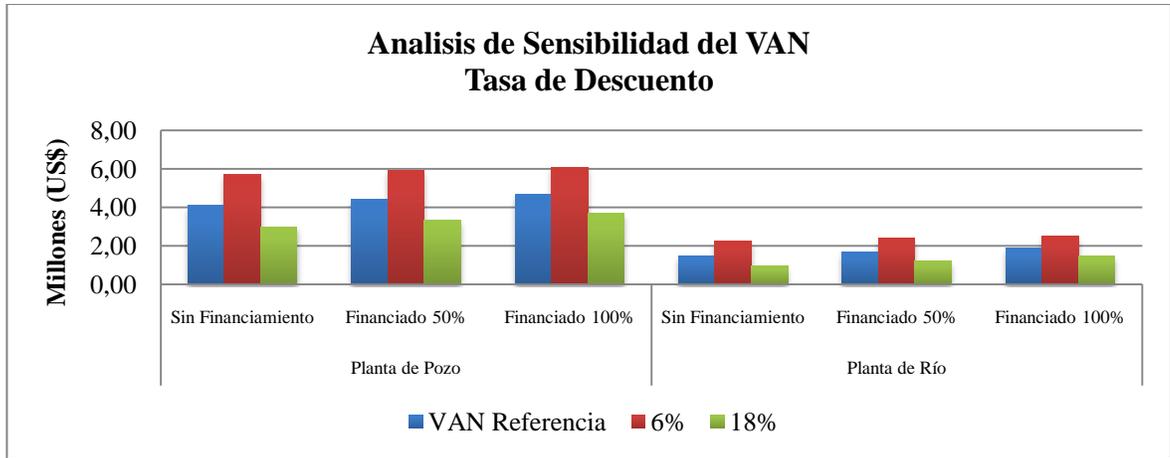


Figura 14: Variación del VAN en función de la tasa de descuento bajo tres situaciones de financiamiento

Se modificó el volumen de producción de las plantas procesadoras de áridos en $\pm 15\%$ (Figura 15) donde la disminución de esta variable afecta significativamente al proyecto de banco de río mientras que el proyecto de pozo mantiene niveles altos.

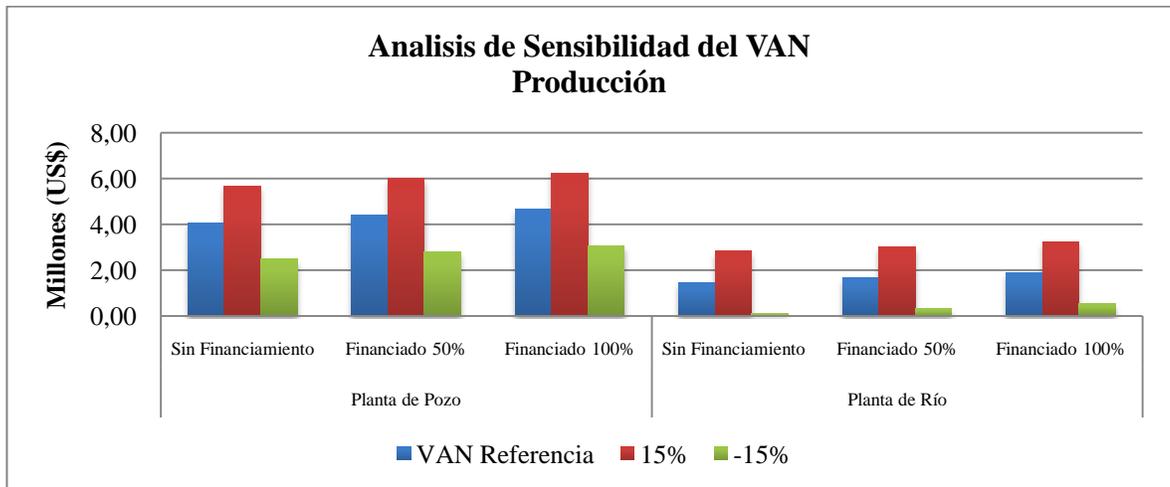


Figura 15: Variación del VAN en función de la producción bajo tres situaciones de financiamiento

4.5. Análisis de los áridos en el sector forestal chileno

El sector forestal chileno requiere de grandes volúmenes de material para estabilizados en la construcción de caminos, estos provienen de materiales pétreos que se obtienen de pozos lasteros y canteras principalmente.

Dentro de las principales empresas forestales del país se consultó a Masisa, Forestal Celco, Forestal Mininco y Forestal Valdivia, con la finalidad de conocer la realidad del sector con la actividad de extracción y la producción de áridos.

Los resultados de la consulta arrojaron que en relación al origen de los materiales utilizados en la obtención del estabilizado corresponden a materias primas obtenidas desde pozos lastreros¹¹ y canteras¹², con excepciones como las de Forestal Valdivia (FVSA) quien obtiene sus productos en casi un 90% de pozos ubicados dentro de sus predios.

En relación al origen del material pétreo y su conversión a material para estabilizado, estos procesos se realizan de diferentes formas según la empresa. Masisa en casi un 70% utiliza materiales producidos en plantas procesadoras fuera del área de las faenas donde se construye los caminos, mientras que FVSA realiza los procesos de obtención de estabilizado en su totalidad dentro de los predios donde se realizan las obras viales. Forestal Celco (CELCO) por su parte, obtiene los materiales desde plantas cercanas a los predios o bien utilizando plantas móviles si existe disponibilidad de material dentro de los predios.

Las empresas consultadas encargan la obtención del material para estabilizados a sus empresas de servicios forestales (EMSEFOR) quienes compran el material a terceros y en menor medida se encargan de realizar las faenas de extracción dentro de los predios de las empresas forestales.

Los volúmenes demandados de materiales para estabilizado de caminos varía según su ubicación geográfica y cantidad de kilómetros de caminos construidos al año, lo cual dependerá si estos son de invierno o verano, estos últimos no se construyen con material de estabilizado siendo solo tierra compactada. Debido a esto, las mayores demandas corresponden a FVSA quien por su amplio patrimonio desde la ciudades de Victoria a Fresia demanda cerca de 600.000 m³ al año para la construcción de caminos de invierno, mientras que empresas como Masisa no demandan más de 100.00 m³ al año.

En relación a los valores por metro cúbico de material para estabilizado existen valores que van entre los CLP\$2.500 y CLP\$3.000 para Mininco, Masisa y CELCO, mientras que para FVSA existen márgenes de precios que van entre los CLP\$500 y CLP\$1.200 por metro cúbico de estabilizado.

La mayor demanda por estos productos se concentra durante los meses de Noviembre a Abril, siendo los períodos donde se construyen los caminos de invierno, los meses restantes algunas empresas continúan con la extracción de material pétreo como una forma de mantener en acopio para los momentos de mayor demanda o bien ante imprevistos en la planificación.

Dentro de los principales problemas relacionados a la obtención y producción de áridos en las empresas forestales se encuentran relacionados a los permisos municipales de extracción, la distancia de transporte, tecnología y diseño de las plantas procesadoras, baja calidad del productos obtenidos y las restricciones ambientales impuestas en algunos casos.

¹¹ Excavación de la que se extrae arena, ripio, grava, rocas u otros materiales áridos.

¹² Explotación minera, generalmente a cielo abierto, en la que se obtienen rocas industriales y/o áridos.

Es así como la situación actual refleja una dificultad cada vez mayor para obtener materiales pétreos desde ríos, lo que conlleva a una baja en la oferta, aumentando los costos y muchas veces está asociado a una disminución en la calidad de los materiales. Además proyectan a futuro un aumento de la demanda lo que requerirá de una mayor inversión en tecnología para poder mejorar y optimizar los procesos de obtención y la calidad final de los productos.

4.5.1. Fortalezas y debilidades de la producción de áridos en el sector forestal

Dentro de la información entregada por los Departamentos de Caminos de las empresas forestales entrevistadas, se pueden inferir una serie de fortalezas y debilidades asociadas a la producción de áridos para estabilizado de caminos como proyectos de inversión dentro de las empresas.

Una de las fortalezas que se destaca es que existe una amplia dispersión del patrimonio en todas las empresas lo que permite una mayor opción de diversificar y aumentar la oferta de materiales pétreos.

Existe una vasta experiencia dentro de las EMSEFORES y las oficinas centrales de las empresas forestales en la construcción de caminos, lo que contribuye al desarrollo de los proyectos viales dentro de las empresas consultadas.

Dentro de la explotación y producción de áridos para estabilizados de caminos forestales se encuentran todos sus procesos estandarizados disminuyendo los errores en el diseño y construcción de caminos.

Las debilidades de los áridos dentro de la actividad forestal se reflejan en lo complejo de la obtención de los permisos para la explotación de los áridos los que retrasa y dificulta la planificación para la construcción de los caminos.

Al existir una planificación a largo plazo, los cambios imprevistos en la ubicación de las zonas de explotación debido a los problemas antes mencionados, dificultan el cumplimiento de las obras en las fechas programadas.

La falta de control y regulación a productores externos a las empresas forestales por parte de los organismos encargados de generar los permisos de explotación, provoca incertidumbres en las cuotas de extracción en los pozos a explotar debido a que no existen registros históricos de las tasas de extracción que se utilizan como parámetros para calcular los volúmenes disponibles.

5. DISCUSIÓN

5.1. Propuestas de implementación

Luego de analizar las distintas configuraciones de plantas procesadoras de áridos en la Región Metropolitana y conocer la realidad de los áridos para estabilizado de caminos en las empresas forestales del país, es posible realizar propuestas de implementación o de viabilidad de los proyectos antes evaluados en función de la situación actual y futura de las empresas forestales consultadas.

Para poder tener una visión general de los proyectos se procedió a generar flujos de caja privados para todas las empresas forestales consultadas para proyectos de pozo y río en función de los valores que se obtuvieron en el análisis económico de las plantas procesadoras ubicadas en la Región Metropolitana. Para esto se modificó el precio de comercialización del estabilizado y los volúmenes demandados por cada una de las empresas manteniendo la inversión, los costos fijos y costos variables representados en el Cuadro 19.

Cuadro 19: Precios de estabilizados y volúmenes demandados por las empresas forestales

	\$/m ³ (CLP)	Volumen (m ³)
Planta de Pozo	2.500	480.000
Planta de Río	2.500	408.000
Masisa	2.800	100.000
Mininco	2.500	400.000
Celco	3.000	200.000
Forestal Valdivia	1.200	600.000

Los resultados se muestran en la Figura 16 donde se representa el proyecto de pozo sin financiamiento y el mismo proyecto bajo los precios y volúmenes demandados por cada empresa forestal.

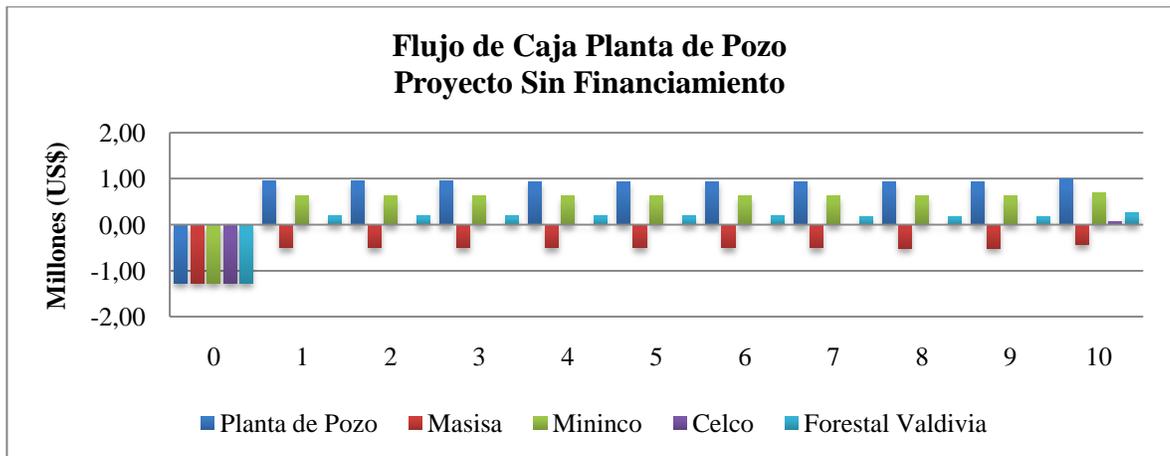


Figura 16: Flujo de caja sin financiamiento para una planta de pozo en empresas forestales

El VAN para todos los proyectos está representado en la Figura 17 donde Forestal Mininco bajo sus condiciones de precio y demanda es posible inferir que puede ser rentable la inversión en un proyecto de pozo sin financiamiento.

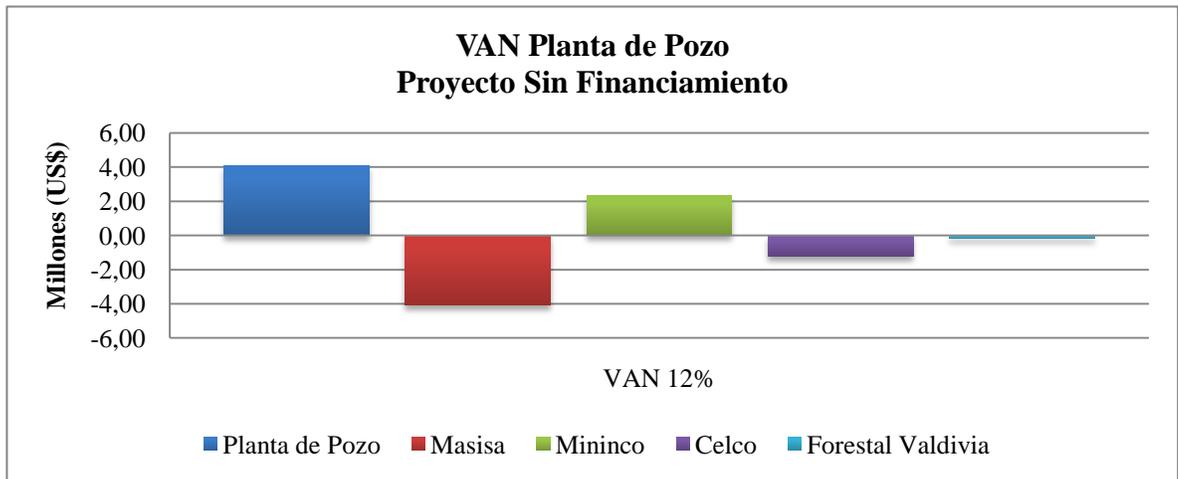


Figura 17: VAN de un proyecto puro en un banco de pozo para empresas forestales

En una situación de un proyecto de una planta de pozo financiado en un 100% el comportamiento de los flujos de caja se representa en la Figura 18.

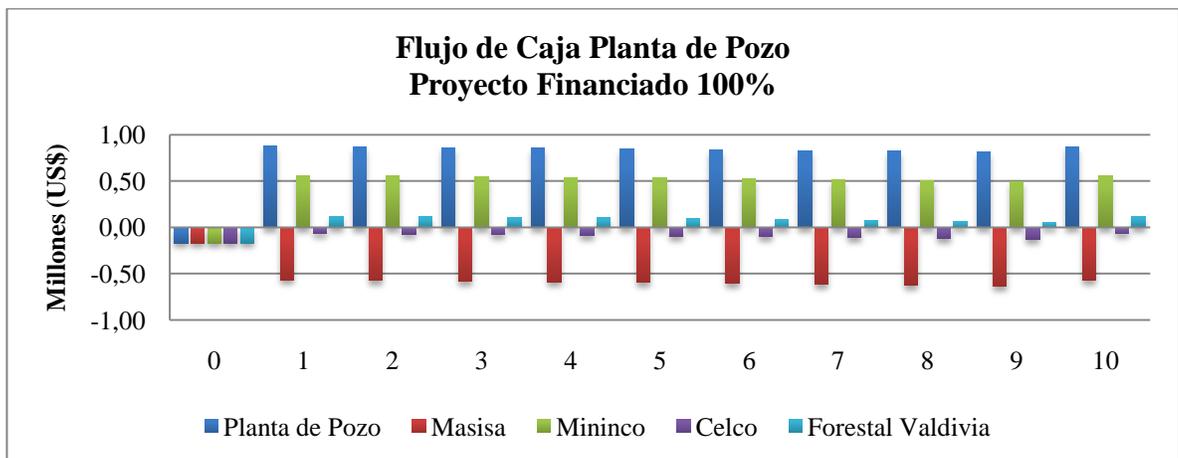


Figura 18: Flujo de caja financiado para una planta de pozo en empresas forestales

En el análisis del VAN para todos los proyectos bajo una situación de financiamiento completo, Forestal Mininco presenta los mejores resultados con respecto a las demás empresas forestales. Forestal Valdivia presenta una mejor situación que la sin financiamiento con valores del VAN positivos que podrían hacer factible el proyecto de inversión como muestra la Figura 19.

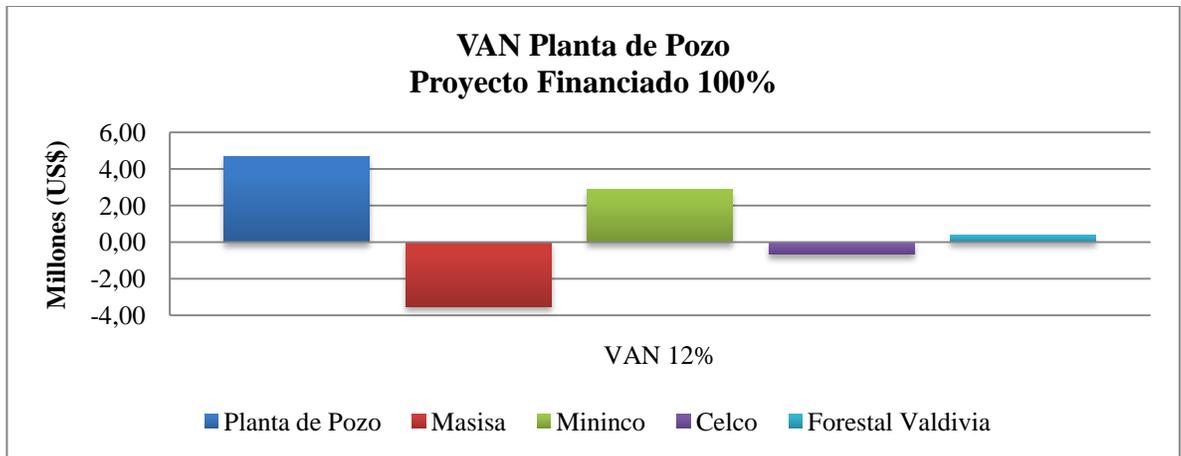


Figura 19: VAN de un proyecto financiado en un banco de pozo para empresas forestales

A continuación se ejecutó el mismo análisis para los proyectos de plantas procesadoras de áridos en bancos de río donde se comparó la situación de la planta evaluada en la Región Metropolitana con la situación de las empresas forestales según sus precios y volúmenes de estabilizado demandados como se muestra en la Figura 20.

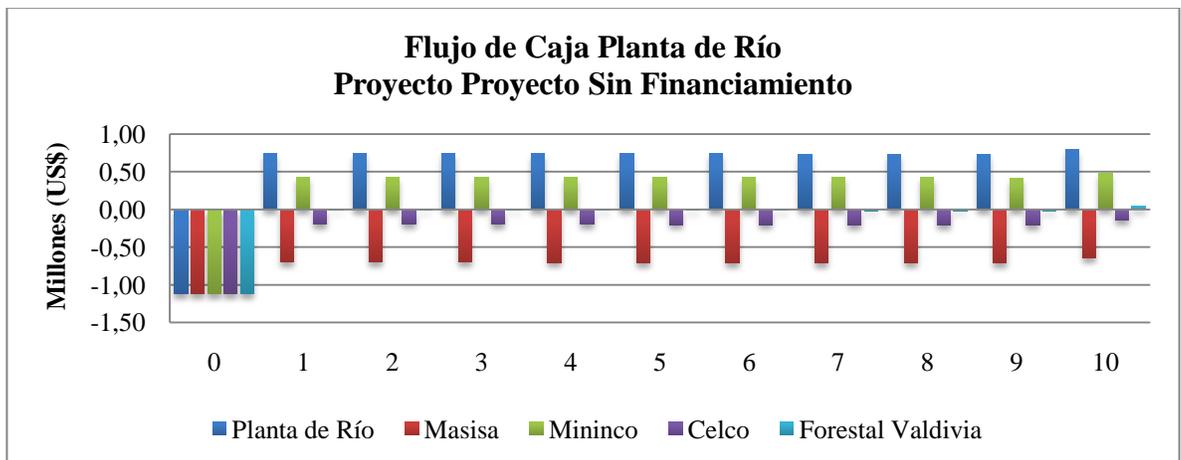


Figura 20: Flujo de caja puro para una planta de río en empresas forestales

En la Figura 21 se comparan los VAN de todas las empresas forestales y el del proyecto evaluado, en donde todas la mayoría de las empresas muestran valores negativos y únicamente Forestal Mininco alcanza valores positivos del VAN.

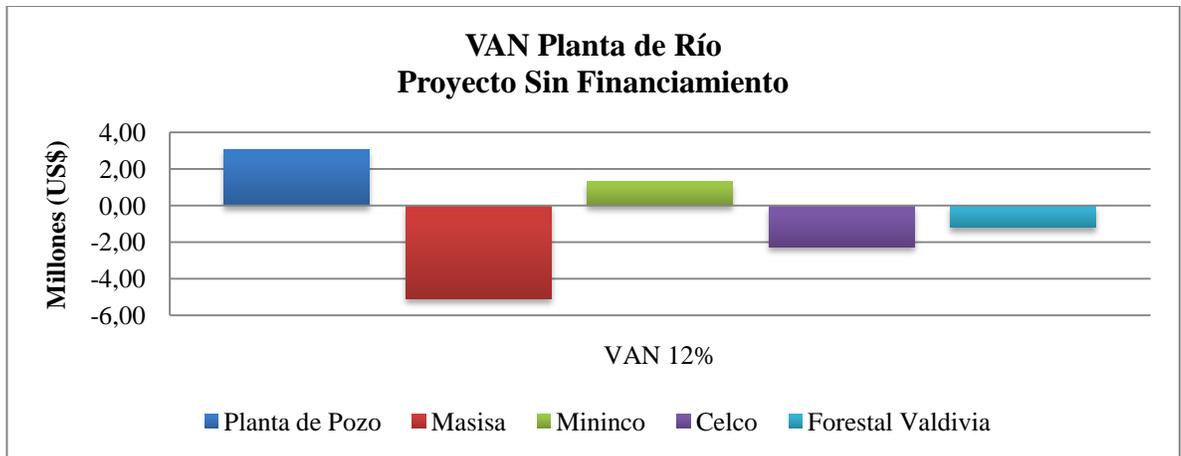


Figura 21: VAN de un proyecto puro en un banco de pozo para empresas forestales

La comparación de los proyectos para banco de río ahora financiados en un 100%, muestra en la Figura 22 que solamente una empresa alcanza valores positivos durante los diez períodos evaluados.

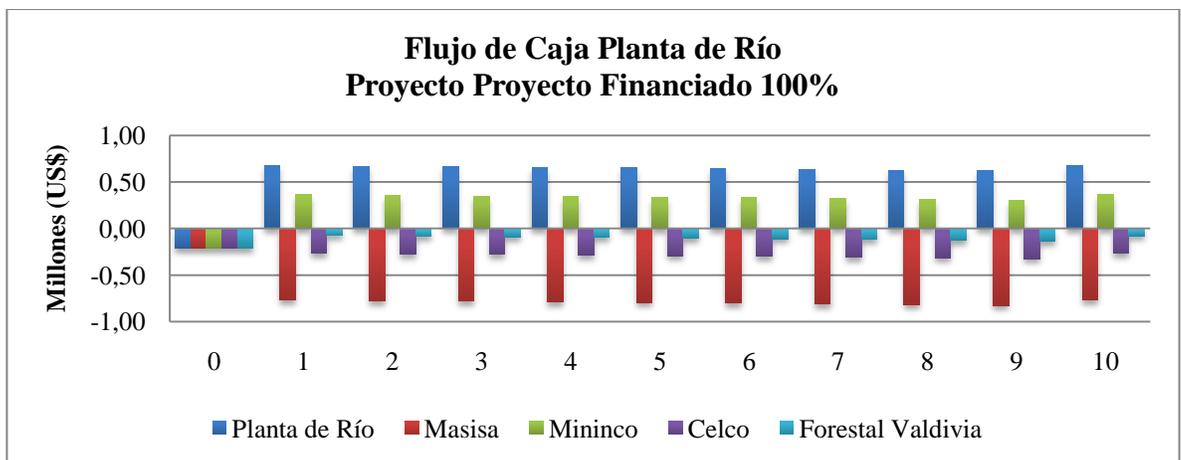


Figura 22: Flujo de caja financiado para una planta de río en empresas forestales

Los VAN de los proyectos representados en la Figura 23 muestran que sólo Forestal Mininco alcanza cifras positivas del VAN en relación a las demás empresas evaluadas.

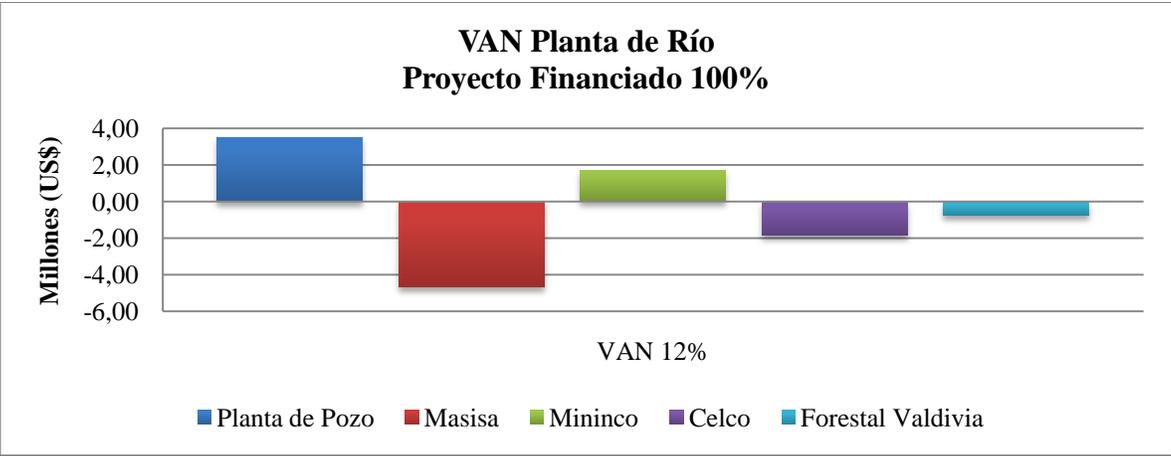


Figura 23: VAN de un proyecto financiado en un banco de pozo para empresas forestales

6. CONCLUSIONES

Las principales diferencias que se aprecian entre las plantas procesadoras de áridos analizadas corresponden a los productos finales para los cuales se diseñaron. La planta de pozo presenta una configuración que permite la obtención de productos con granulometrías mayores como estabilizados, gravas y gravillas, mientras que la planta que trabaja en el banco de río concentra su producción en la obtención de arenas, que en el mercado del hormigón, presentan un mayor valor agregado. Esto no influye en la flexibilidad que presentan ambas plantas para ajustar su producción a productos específicos, como son los estabilizados para caminos.

Ambas plantas procesadoras no presentan diferencias significativas en relación a los equipos que utilizan para la producción de áridos, esto debido a que en la industria de la minería los procesos de chancado se encuentran estandarizados en todas las etapas del proceso, independiente de los objetivos de producción.

El análisis económico de las empresas de áridos en la Región Metropolitana mostró que ambos proyectos son técnica y económicamente factibles. El nivel de demanda y el precio de sus productos justifican su alta inversión, siendo los indicadores económicos más favorables para la planta de pozo. La planta de río presenta indicadores menos favorables, ya que el análisis dejó fuera la obtención de arenas, que es el producto objetivo de esta industria y el cual tiene un mayor precio de mercado, por lo que se puede inferir que hasta podría ser aun más rentable de lo evaluado.

El análisis de sensibilidad entregó distintos márgenes de seguridad donde bajo un escenario pesimista de las cuatro variables analizadas, se obtiene una mayor rentabilidad para la configuración de producción en banco de pozo.

La posibilidad de poder replicar los proyectos analizados en la Región Metropolitana dentro de las empresas forestales queda sujeto a los volúmenes demandados y al precio de compra del estabilizado. En función de esto, se concluye que las configuraciones de plantas procesadoras de áridos analizadas son económicamente rentables y tecnológicamente factibles para la empresa Forestal Mininco y bajo ciertas condiciones para Forestal Valdivia. Se descarta la posibilidad de inversión en las otras empresas evaluadas debido a sus bajas demandas de volumen de estabilizado principalmente.

Dentro del análisis de la industria de los áridos en el sector forestal chileno, existe una serie de factores que influyen en la factibilidad de proyectos de inversión en esta área dentro de las empresas. El precio del metro cúbico de estabilizado es una de las variables que más influye dentro de los proyectos cuando existen diferencias considerables en su valor de compra por parte de las empresas forestales. Estas diferencias de precio se asocian principalmente a los costos de transporte del material chancado desde las plantas procesadoras a los predios donde se construyen los caminos y de la adquisición del material para estabilizados a terceros.

Dentro de los problemas que más afectan a los proyectos de producción de áridos, independiente de su origen, son los permisos municipales de extracción, los cuales, cada vez presentan mayores restricciones a medida que se actualizan sus regulaciones territoriales. No obstante, esto no va asociado a una mayor fiscalización por parte de los organismos competentes, por lo que las extracciones ilegales se mantienen según se comporta la demanda.

Los proyectos de banco de pozo presentan menores restricciones ambientales en relación a la explotación del banco de río donde por lo general se extrae desde lugares de uso público.

La explotación de un pozo permite una mayor certeza en el cálculo de los volúmenes totales de material pétreo disponible a extraer y su calidad, mientras que la explotación en banco de río dependen de los sedimentos y los caudales del río que los alimenta.

El invertir en un proyecto de producción de áridos para las empresas forestales significa una menor dependencia y un mayor control de la planificación y calidad final de sus caminos.

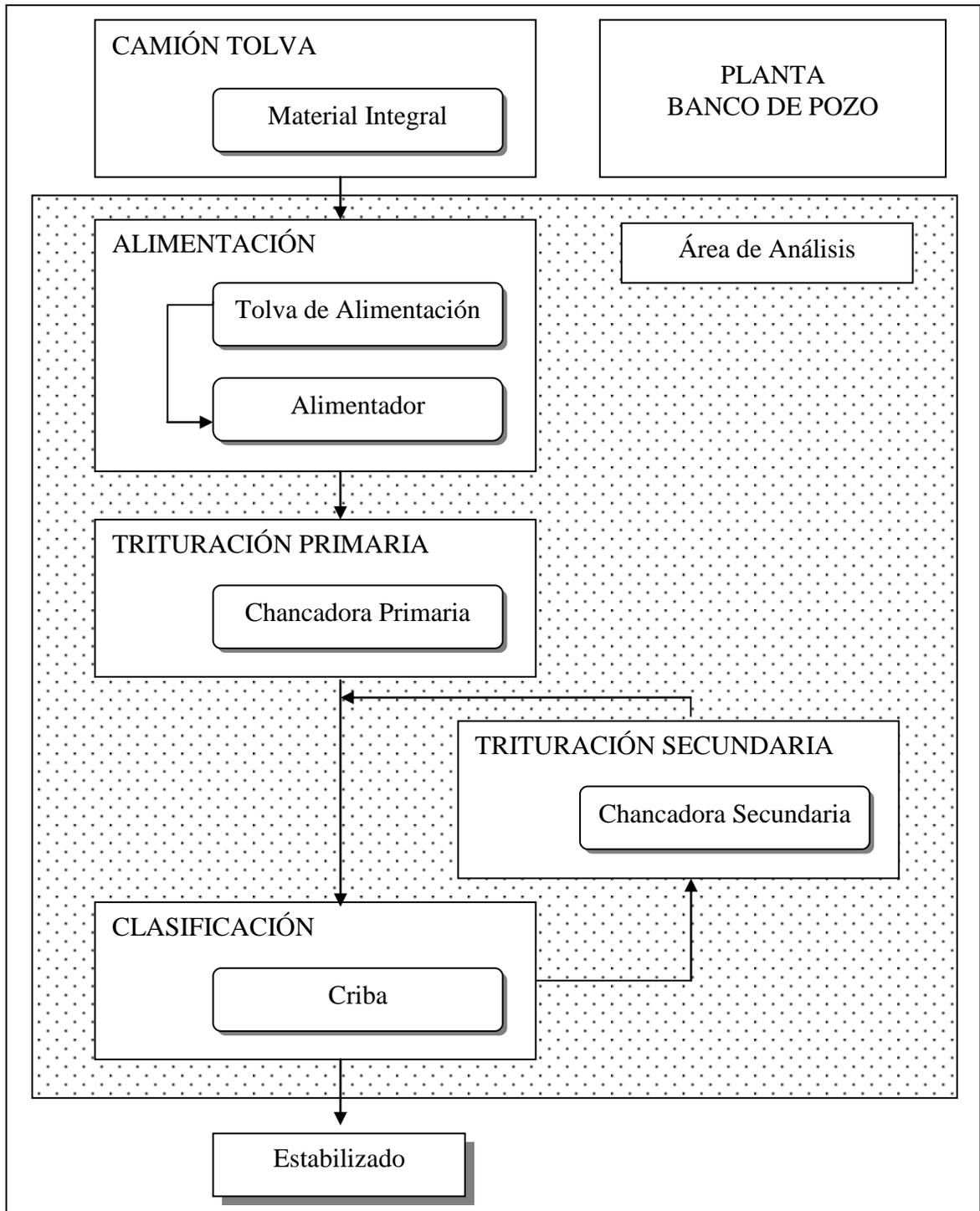
7. BIBLIOGRAFÍA

- ADASME, C. 2002. Minería y ordenamiento territorial. Situación de la Región Metropolitana de Santiago. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago. 19 p.
- ARAVENA, F. 2000. Análisis industrial de los áridos en la Región Metropolitana. Memoria (Ingeniería Civil Industrial). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 114 p.
- GOOD YEAR, 2008. Correas pylon y pylon EP. División de Productos de Ingeniería Good Year Chile. Santiago. 24p.
- LEY N° 3.063. CHILE. Sobre rentas municipales. Servicio de Impuestos Internos, Santiago, Chile, noviembre de 1996. 27p.
- LÓPEZ, C. 1998. Áridos: Manual de prospección, explotación y aplicaciones. 3ra ed. E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. Madrid. 607p.
- METSO MINING AND CONSTRUCTION TECHNOLOGY. 2009. Nordberg C Series jaw crushers. [en línea] <[http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/C456ED9F5C9B39B7C2256DAC00206B4D/\\$File/CseriesEnglish.pdf](http://www.metso.com/miningandconstruction/MaTobox7.nsf/DocsByID/C456ED9F5C9B39B7C2256DAC00206B4D/$File/CseriesEnglish.pdf)> [consulta: 18 mayo 2009].
- MULAR, A.; HALBE, D. y BARRAT, D. 2002. Mineral processing plant design, practice, and control. Vol. 1. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. 1252p.
- SAALFELD, P. 2005. Evaluación técnico económica de inversión y reemplazo de maquinaria en una empresa procesadora de áridos. Memoria (Ingeniería Civil Industrial). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 72 p.
- SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION. 2009a. Sandvik Feeders [en línea] <[http://www.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/Training/SE03963.NSF/Alldocs/Feeder*Brochure*2AFeeder*Brochure/\\$FILE/Sandvik%20Feeders%2007.11.08.pdf](http://www.sandvik.com/sandvik/0120/Internet/global/Training/SE03963.NSF/Alldocs/Feeder*Brochure*2AFeeder*Brochure/$FILE/Sandvik%20Feeders%2007.11.08.pdf)> [consulta: 05 junio 2009].
- SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION. 2009b. Sandvik Screens [en línea] <[http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/8990/S003114.nsf/Alldocs/Products*5CCrushers*and*screens*5CScreens*2ASF*screens/\\$file/Screens%20ENG.pdf](http://www.miningandconstruction.sandvik.com/sandvik/8990/S003114.nsf/Alldocs/Products*5CCrushers*and*screens*5CScreens*2ASF*screens/$file/Screens%20ENG.pdf)> [consulta: 05 junio 2009].
- SANDVIK MINING AND CONSTRUCTION. 2009c. Sandvik Jawmaster [en línea] <<http://www.miningandconstruction.sandvik.com/>> [consulta: 20 abril 2009].

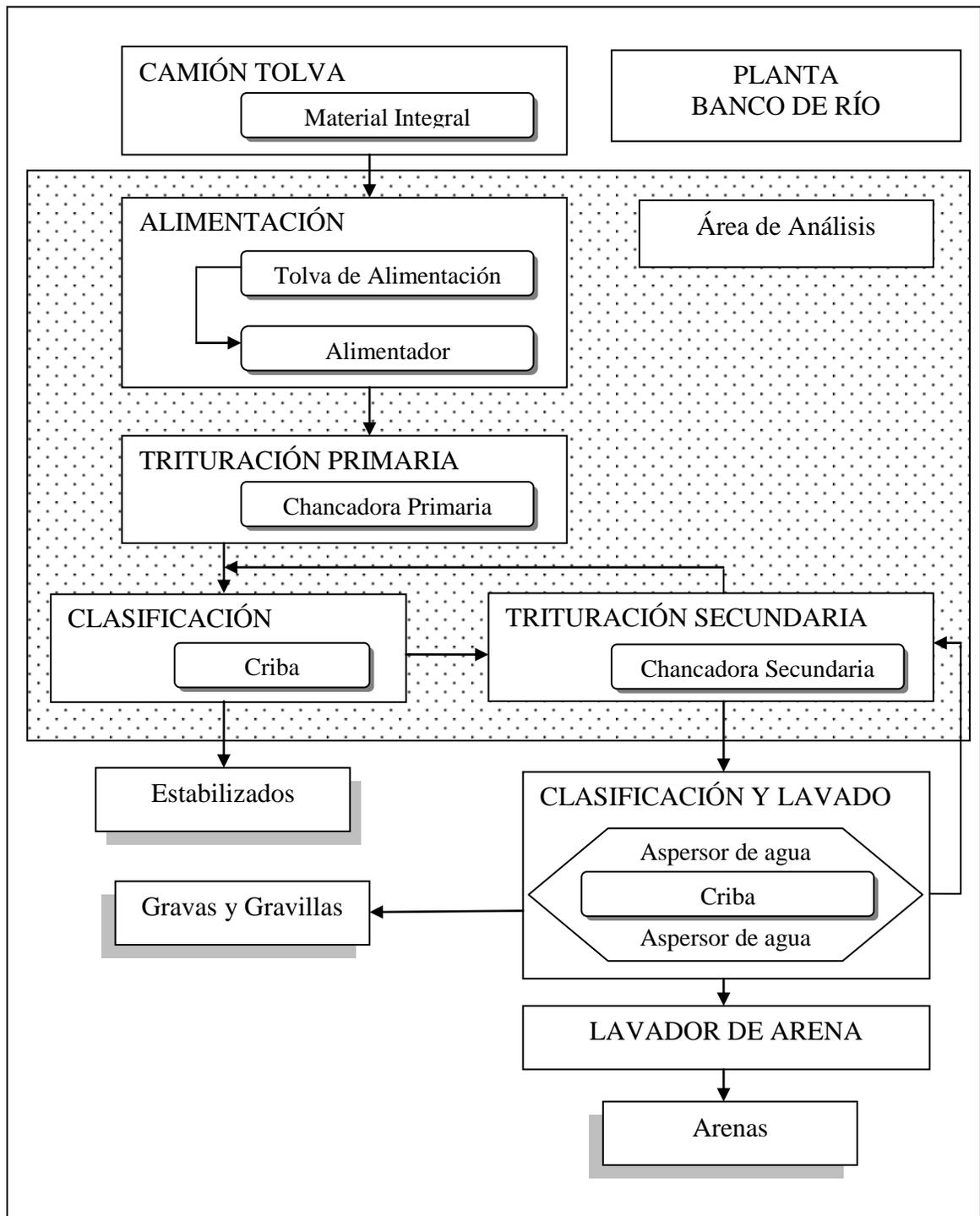
- SAPAG, N. y SAPAG, R. 2000. Preparación y evaluación de proyectos. 4ta ed. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas. Santiago. 439p.
- SAZUNIC, B. 1999. Optimización técnica y económica de una planta de explotación de áridos en cauce de río. Memoria (Ingeniería Civil). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 60 p.
- SERNAGEOMIN, 2007. Guía de constitución de concesiones mineras de explotación y exploración. Servicio Nacional de Geología y Minería. Santiago, Chile. 52p.
- SUTTER, V. 2001. Estudio de factibilidad técnico económica de instalación de una planta de áridos para una empresa de pavimentos asfálticos en la Región Metropolitana. Memoria (Ingeniería Civil Industrial). Santiago, Chile. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 90 p.
- WELLMER, F.; DALHEIMER, M. y WAGNER, M. 2008. Economic Evaluations in Exploration. 2da ed. Springer-Verlag, Berlín. 250 p.

8. APÉNDICES

8.1. Diagrama de una planta de banco de pozo



8.2. Diagrama de una planta de banco de río



8.3.Flujo de caja planta de pozo sin financiamiento

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(459.249)	(460.390)	(461.548)	(462.724)	(463.917)	(465.129)	(466.358)	(467.606)	(468.872)	(470.158)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)	(45.000)
<i>Remuneraciones</i>	0	(76.082)	(77.223)	(78.382)	(79.557)	(80.751)	(81.962)	(83.192)	(84.439)	(85.706)	(86.992)
<i>Concesión Minera</i>	0	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)
<i>Patente Industrial</i>	0	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)
<i>Pago Municipal</i>	0	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)
Costos Variables	0	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)
Depreciación Legal	0	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	1.060.682	1.059.541	1.058.383	1.057.207	1.056.014	1.054.802	1.053.573	1.052.325	1.051.059	1.049.773
Impuesto (17%)	0	180.316	180.122	179.925	179.725	179.522	179.316	179.107	178.895	178.680	178.461
Utilidad Después de Impuesto	0	880.366	879.419	878.458	877.482	876.491	875.486	874.466	873.430	872.379	871.312
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	944.825	943.878	942.916	941.941	940.950	939.945	938.924	937.889	936.837	935.770
Inversión Fija	(1.094.423)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.621
Capital de Trabajo	(171.563)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(1.265.985)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.621
Flujo de Caja Privado	(1.265.985)	944.825	943.878	942.916	941.941	940.950	939.945	938.924	937.889	936.837	1.007.391
VAN (12%)	\$ 4.075.662,39										

8.4.Flujo de caja planta de pozo financiado 50%

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(459.249)	(461.065)	(462.908)	(464.779)	(466.679)	(468.606)	(470.563)	(472.549)	(474.565)	(476.611)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.675)	(46.360)	(47.056)	(47.761)	(48.478)	(49.205)	(49.943)	(50.692)	(51.453)
<i>Remuneraciones</i>	0	(76.082)	(77.223)	(78.382)	(79.557)	(80.751)	(81.962)	(83.192)	(84.439)	(85.706)	(86.992)
<i>Concesión Minera</i>	0	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)
<i>Patente Industrial</i>	0	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)
<i>Pago Municipal</i>	0	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)
Costos Variables	0	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)
Depreciación Legal	0	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	1.060.682	1.058.866	1.057.023	1.055.152	1.053.252	1.051.325	1.049.368	1.047.382	1.045.366	1.043.320
Impuesto (17%)	0	180.316	180.007	179.694	179.376	179.053	178.725	178.393	178.055	177.712	177.364
Utilidad Después de Impuesto	0	880.366	878.859	877.329	875.776	874.199	872.600	870.976	869.327	867.654	865.956
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	944.825	943.318	941.788	940.235	938.658	937.058	935.434	933.786	932.113	930.415
Inversión Fija	(1.094.423)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.621
Capital de Trabajo	(171.563)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prestamos	547.211										
Amortización		(40.551)	(43.187)	(45.994)	(48.983)	(52.167)	(55.558)	(59.170)	(63.016)	(67.112)	(71.474)
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(718.774)	(40.551)	(43.187)	(45.994)	(48.983)	(52.167)	(55.558)	(59.170)	(63.016)	(67.112)	147
Flujo de Caja Privado	(718.774)	904.274	900.131	895.794	891.251	886.491	881.500	876.265	870.770	865.001	930.562
VAN (12%)	\$ 4.319.431,99										

8.5.Flujo de caja planta de pozo financiado 100%

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131	2.268.131
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(445.663)	(447.275)	(448.912)	(450.573)	(452.259)	(453.970)	(455.707)	(457.470)	(459.260)	(461.076)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.675)	(46.360)	(47.056)	(47.761)	(48.478)	(49.205)	(49.943)	(50.692)	(51.453)
<i>Remuneraciones</i>	0	(62.496)	(63.434)	(64.385)	(65.351)	(66.331)	(67.326)	(68.336)	(69.361)	(70.401)	(71.457)
<i>Concesión Minera</i>	0	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)
<i>Patente Industrial</i>	0	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)
<i>Pago Municipal</i>	0	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)	(333.792)
Costos Variables	0	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)	(683.741)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)	(314.880)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)	(89.427)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)	(279.434)
Depreciación Legal	0	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)	(64.459)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	1.074.269	1.072.656	1.071.019	1.069.358	1.067.672	1.065.961	1.064.224	1.062.461	1.060.671	1.058.855
Impuesto (17%)	0	182.626	182.352	182.073	181.791	181.504	181.213	180.918	180.618	180.314	180.005
Utilidad Después de Impuesto	0	891.643	890.305	888.946	887.567	886.168	884.747	883.306	881.842	880.357	878.849
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459	64.459
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	956.102	954.763	953.405	952.026	950.627	949.206	947.764	946.301	944.816	943.308
Inversión Fija	(1.094.423)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	71.621
Capital de Trabajo	(168.166)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prestamos	1.094.423										
Amortización		(81.102)	(86.373)	(91.988)	(97.967)	(104.335)	(111.117)	(118.339)	(126.031)	(134.223)	(142.948)
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(168.166)	(81.102)	(86.373)	(91.988)	(97.967)	(104.335)	(111.117)	(118.339)	(126.031)	(134.223)	(71.327)
Flujo de Caja Privado	(168.166)	875.000	868.390	861.417	854.059	846.292	838.090	829.425	820.270	810.592	871.981
VAN (12%)	\$ 4.645.624,68										

8.6. Flujo de caja planta de río sin financiamiento

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(582.226)	(584.042)	(585.885)	(587.756)	(589.656)	(591.583)	(593.540)	(595.526)	(597.542)	(599.588)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.675)	(46.360)	(47.056)	(47.761)	(48.478)	(49.205)	(49.943)	(50.692)	(51.453)
<i>Remuneraciones</i>	0	(76.082)	(77.223)	(78.382)	(79.557)	(80.751)	(81.962)	(83.192)	(84.439)	(85.706)	(86.992)
<i>Concesión Minera</i>	0	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)	(52)
<i>Patente Industrial</i>	0	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)	(3.518)
<i>Pago Municipal</i>	0	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)
Costos Variables	0	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)
Depreciación Legal	0	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	483.852	482.036	480.192	478.321	476.422	474.494	472.537	470.551	468.536	466.490
Impuesto (17%)	0	82.255	81.946	81.633	81.315	80.992	80.664	80.331	79.994	79.651	79.303
Utilidad Después de Impuesto	0	401.597	400.089	398.559	397.006	395.430	393.830	392.206	390.558	388.885	387.187
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	460.674	459.166	457.636	456.083	454.507	452.907	451.283	449.634	447.961	446.263

Inversión Fija	(910.018)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.641
Capital de Trabajo	(212.185)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(1.122.203)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.641

Flujo de Caja Privado	(1.122.203)	460.674	459.166	457.636	456.083	454.507	452.907	451.283	449.634	447.961	511.904
------------------------------	--------------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------	----------------

VAN (12%)	\$ 1.470.194,53
------------------	------------------------

8.7. Flujo de caja planta de río financiado 50%

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(582.226)	(584.846)	(586.690)	(588.561)	(590.460)	(592.388)	(594.344)	(596.330)	(598.346)	(600.392)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.675)	(46.360)	(47.056)	(47.761)	(48.478)	(49.205)	(49.943)	(50.692)	(51.453)
<i>Remuneraciones</i>	0	(76.082)	(77.223)	(78.382)	(79.557)	(80.751)	(81.962)	(83.192)	(84.439)	(85.706)	(86.992)
<i>Concesión Minera</i>	0	(52)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)
<i>Patente Industrial</i>	0	(3.518)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)
<i>Pago Municipal</i>	0	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)
Costos Variables	0	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)
Depreciación Legal	0	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	483.852	481.231	479.388	477.517	475.617	473.690	471.733	469.747	467.731	465.685
Impuesto (17%)	0	82.255	81.809	81.496	81.178	80.855	80.527	80.195	79.857	79.514	79.167
Utilidad Después de Impuesto	0	401.597	399.422	397.892	396.339	394.762	393.162	391.539	389.890	388.217	386.519
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	460.674	458.499	456.969	455.416	453.839	452.239	450.615	448.967	447.294	445.596
Inversión Fija	(914.693)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.641
Capital de Trabajo	(212.185)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prestamos	457.346										
Amortización		(33.892)	(36.094)	(38.441)	(40.939)	(43.600)	(46.434)	(49.453)	(52.667)	(56.090)	(59.736)
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(669.532)	(33.892)	(36.094)	(38.441)	(40.939)	(43.600)	(46.434)	(49.453)	(52.667)	(56.090)	5.905
Flujo de Caja Privado	(669.532)	426.782	422.404	418.528	414.476	410.239	405.805	401.163	396.300	391.204	451.500
VAN (12%)	\$ 1.675.910,89										

8.8. Flujo de caja planta de río financiado 100%

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Ingresos	0	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911	1.927.911
Ganancias de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos Fijos	0	(582.226)	(584.846)	(586.690)	(588.561)	(590.460)	(592.388)	(594.344)	(596.330)	(598.346)	(600.392)
<i>Administración</i>	0	(45.000)	(45.675)	(46.360)	(47.056)	(47.761)	(48.478)	(49.205)	(49.943)	(50.692)	(51.453)
<i>Remuneraciones</i>	0	(76.082)	(77.223)	(78.382)	(79.557)	(80.751)	(81.962)	(83.192)	(84.439)	(85.706)	(86.992)
<i>Concesión Minera</i>	0	(52)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)	(165)
<i>Patente Industrial</i>	0	(3.518)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)	(4.209)
<i>Pago Municipal</i>	0	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)	(457.573)
Costos Variables	0	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)	(802.757)
<i>Energía Eléctrica</i>	0	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)	(245.760)
<i>Mantenimiento Equipos</i>	0	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)	(85.226)
<i>Arriendo de Equipos</i>	0	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)	(471.771)
Depreciación Legal	0	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)	(59.077)
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Resultado antes de Impuestos	0	483.852	481.231	479.388	477.517	475.617	473.690	471.733	469.747	467.731	465.685
Impuesto (17%)	0	82.255	81.809	81.496	81.178	80.855	80.527	80.195	79.857	79.514	79.167
Utilidad Después de Impuesto	0	401.597	399.422	397.892	396.339	394.762	393.162	391.539	389.890	388.217	386.519
Ganancia de Capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación Legal	0	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077	59.077
Pérdida Ejercicio Anterior	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Caja Operacional	0	460.674	458.499	456.969	455.416	453.839	452.239	450.615	448.967	447.294	445.596
Inversión Fija	(914.693)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor Residual Activos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	65.641
Capital de Trabajo	(212.185)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prestamos	914.693										
Amortización		(67.783)	(72.189)	(76.881)	(81.878)	(87.201)	(92.869)	(98.905)	(105.334)	(112.181)	(119.472)
Recuperación Capital de Trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de Capitales	(212.185)	(67.783)	(72.189)	(76.881)	(81.878)	(87.201)	(92.869)	(98.905)	(105.334)	(112.181)	(53.831)
Flujo de Caja Privado	(212.185)	392.891	386.310	380.087	373.537	366.639	359.371	351.710	343.633	335.113	391.764
VAN (12%)		\$ 1.889.477,44									

8.9. Análisis unidimensional de la sensibilidad del VAN

	Variables	Unidad	Planta de Pozo			Planta de Río		
			VAN	VAN = 0	Var %	VAN	VAN = 0	Var %
Proyecto sin financiamiento	Precio	US\$	4,72	2,91	38	4,72	3,95	16
	Producción	m ³	480.000	296.081	38	408.000	341.656	16
	Tasa Descuento	%	12	74	-	12%	39	-
	Costos Variables	US\$	(683.741)	(1.537.697)	125	(802.757)	(1.110.801)	38
Proyecto financiado 50%	Precio	US\$	4,72	2,77	41	4,72	3,85	19
	Producción	m ³	480.000	281.891	41	408.000	332.372	19
	Tasa Descuento	%	12	127	-	12%	62	-
	Costos Variables	US\$	(683.741)	(1.603.578)	135	(802.757)	(1.153.903)	44
Proyecto financiado 100%	Precio	US\$	4,72	2,66	44	4,72	3,73	21
	Producción	m ³	480.000	270.360	44	408.000	322.735	21
	Tasa Descuento	%	12	520	-	12	183	-
	Costos Variables	US\$	(683.741)	(1.657.119)	142	(802.757)	(1.198.651)	49

