

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE VIÑA DEL MAR – JOSÉ MIGUEL CARRERA

**PREFACTIBILIDAD TÉCNICO ECONÓMICA DE LA CREACIÓN DE UNA
EMPRESA CONSTRUCTORA CON ESPECIALIDAD EN REUTILIZACIÓN DE
ESCORIA INDUSTRIAL**

Trabajo de titulación para optar al título
profesional de INGENIERO CONSTRUCTOR
LICENCIADO EN INGENIERÍA

Alumno:

Sr. Pedro Pérez López

Profesor guía:

Sr. Bruno Piazze Rubio

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Estudio de prefactibilidad técnica y económica para la creación de una empresa dedicada a la reutilización de escoria industrial

Nombre del candidato(a): Pedro Ignacio Pérez López

Carrera / Grado: Ingeniería en Construcción, con licenciatura en Ingeniería.

Campus: Sede Viña del mar Departamento: Construcción y prevención de riesgos.

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Bruno Piazze Rubio, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

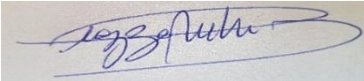
El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 19/01/2026 Firma: 

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 16 de enero de 2026 Firma: 

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

A mis padres, Emperatriz del Carmen y Oscar Pedro, origen y sostén de cada paso dado en este camino. Su amor incondicional, su esfuerzo constante y su fe silenciosa fueron la luz que guió este proceso incluso en los momentos de mayor incertidumbre. En cada logro alcanzado está presente su ejemplo, su enseñanza y el sacrificio que, muchas veces sin palabras, me permitió seguir avanzando con convicción y esperanza.

A mis hermanos, Jorge y Macarena, compañeros de vida y testigos cercanos de este recorrido. Su apoyo sincero, su cercanía y sus palabras oportunas fueron abrigo en los momentos difíciles y aliento cuando el cansancio parecía imponerse. En su compañía encontré fuerza, confianza y la certeza de que ningún desafío se enfrenta en soledad.

Este trabajo no es solo el resultado de un proceso académico, sino también la expresión de los valores, el apoyo y el amor familiar que han acompañado cada etapa de este camino.

RESUMEN

Keywords: Reutilización, residuos industriales.

El presente trabajo corresponde a un estudio de prefactibilidad, cuyo objetivo es evaluar la viabilidad de un proyecto productivo desde los ámbitos técnico, económico, financiero, legal y ambiental. Este estudio se desarrolla en una etapa preliminar, permitiendo analizar de manera integral los principales factores que inciden en la factibilidad del proyecto.

El análisis considera, en primer lugar, la definición general del proyecto y sus características principales, junto con la evaluación de la alternativa técnica, que incluye los procesos productivos, la infraestructura y el equipamiento necesarios para su correcta operación. Posteriormente, se realiza una evaluación económica y financiera, donde se identifican las inversiones, costos e ingresos asociados, aplicando indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR), además de analizar distintas alternativas de financiamiento.

Asimismo, se aborda el marco legal y normativo vigente, verificando la compatibilidad del proyecto con la legislación aplicable, considerando aspectos como emisiones, ruido, manejo de aguas servidas y residuos, junto con la proposición de medidas de mitigación acordes a la etapa de estudio.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten establecer conclusiones respecto a la conveniencia de ejecutar el proyecto, identificando sus principales riesgos y oportunidades, y entregando recomendaciones para una eventual profundización del estudio en etapas posteriores.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCION

1. CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.1.1. Objetivo general

1.1.2. Objetivos específicos

1.2. PRESENTACIÓN CUALITATIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL NEGOCIO

1.3.FODA

1.3.1. Fortalezas

1.3.2. Oportunidades

1.3.3. Debilidades

1.3.4. Amenazas

1.4. TAMAÑO DEL PROYECTO

1.5. LOCALIZACIÓN

1.6. SITUACIÓN SIN PROYECTO V/S CON PROYECTO

1.6.1. Definición de situación base sin proyecto

1.6.2. Definición de situación con proyecto

1.7. ESTUDIO DE MERCADO

1.7.1. Determinación del servicio

1.7.2. Área de estudio

1.7.3. Análisis de la demanda actual y futura

1.7.4. Análisis de la oferta actual y futura

1.7.5. Determinación del precio

1.7.6. Sistemas de comercialización

2. CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y CONCEPTUAL DEL PROYECTO

2.1. ESTUDIO TÉCNICO

- 2.1.1. Descripción y selección de procesos
- 2.1.2. Diagrama de bloques
- 2.1.3. Diagrama de flujos
- 2.1.4. Diagrama de Lay Out
- 2.1.5. Balance de masa y energía
- 2.1.6. Selección de equipos

2.2. ASPECTOS TÉCNICOS Y LEGALES

- 2.2.1. Estructura organizacional
- 2.2.2. Personal, cargos, perfiles
- 2.2.3. Marco legal
- 2.2.4. Impacto medio ambiental (declaración o estudio)

2.3. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

- 2.3.1. Diseño de sistema de tuberías
- 2.3.2. Diseño de sistema de potencias
- 2.3.3. Diseño de obras civiles
- 2.3.4. Bases administrativas
- 2.3.5. Cotizaciones
- 2.3.6. Cálculos obtenidos
- 2.3.7. Informes técnicos

3. CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

3.1. FUENTES DE FINANCIAMIENTO

3.2. ANTECEDENTES FINANCIEROS

- 3.2.1. Inversiones
- 3.2.2. Instituciones bancarias
- 3.2.3. Moneda a utilizar
- 3.2.4. Depreciaciones
- 3.2.5. VAN, TIR y PRI
- 3.2.6. Tasa de descuento y horizonte del proyecto

3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.3.1. Proyecto puro sin financiamiento

3.3.2. Proyecto financiado en un 25%

3.3.3. Proyecto financiado en un 50%

3.3.4. Proyecto financiado en un 75%

3.3.5. Análisis y comparación de los flujos de cajas

3.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1: COTIZACIONES

ANEXO 2: DESGLOSE DE GASTO EN COMBUSTIBLE

ANEXO 3: ENSAYOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1. Fachada exterior

Figura 1-2. Interior del galpón

Figura 1-3. Ubicación satelital del galpón

Figura 1-4. Fachada exterior

Figura 1-5. Interior del galpón

Figura 1-6. Ubicación satelital del galpón

Figura 2-1. Diagrama de bloque

Figura 2-2. Diagrama de flujos

Figura 2-3. Planta de instalaciones

Figura 2-4. Organigrama de la empresa

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-1. Consumo de áridos a través de los años

Gráfico 1-2. Proyección de la reutilización de la escoria en la construcción

Gráfico 1-3. Estimación de la demanda de áridos a partir de la proyección de demanda de cemento y asfalto. 2022-2025 (millones de m3)

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1. Tabla de localización

Tabla 2-1. Comparativa con árido convencional

Tabla 2-2. Equipos y maquinaria indispensables

Tabla 2-3. Personal necesario

Tabla 2-4. Detalle de sueldos del personal

Tabla 2-5. Detalle de gastos generales

Tabla 2-6. Cotización a detalle

Tabla 3-1. Costos de producción por m3 de escoria

Tabla 3-2. EPP

Tabla 3-3. Costos de servicios

Tabla 3-4. Maquinaria

Tabla 3-5. Equipos de oficina

Tabla 3-6. Capital de trabajo.

Tabla 3-7. Método del máximo déficit acumulado

Tabla 3-8. Costos de formalización

Tabla 3-9. Resumen de inversión inicial

Tabla 3-10. Préstamo a largo plazo con 25% de financiamiento

Tabla 3-11. Préstamo a largo plazo con 50% de financiamiento

Tabla 3-12. Préstamo a largo plazo con 75% de financiamiento

Tabla 3-13. Depreciación de bienes

Tabla 3-14. Nivel de riesgo

Tabla 3-15. Flujo de caja sin financiamiento

Tabla 3-16. Flujo de caja con 25% de financiamiento

Tabla 3-17. Flujo de caja con 50% de financiamiento

Tabla 3-18. Flujo de caja con 75% de financiamiento

Tabla 3-19. Resumen.

INTRODUCCIÓN

Dentro del marco de la ingeniería, la evaluación de proyectos constituye una herramienta fundamental para apoyar la toma de decisiones y reducir la incertidumbre asociada a la inversión. En este contexto, los estudios de prefactibilidad permiten analizar de manera preliminar la viabilidad de un proyecto, considerando aspectos técnicos, económicos, financieros, legales y ambientales.

El presente trabajo desarrolla un estudio de prefactibilidad aplicado a un proyecto productivo, cuyo propósito es determinar la conveniencia de su eventual implementación. Para ello, se analizan las características generales del proyecto, su proceso productivo, la infraestructura y el equipamiento necesarios para su operación, evaluando su coherencia técnica y operativa.

Asimismo, se realiza una evaluación económica y financiera, identificando las inversiones iniciales, los costos de operación, los ingresos estimados, y aplicando indicadores como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR). De manera complementaria, se revisa el marco legal y normativo vigente y se desarrolla un análisis preliminar de los posibles impactos ambientales asociados al proyecto.

Finalmente, el trabajo busca entregar una visión general de la viabilidad del proyecto, identificando sus principales riesgos y oportunidades, y estableciendo conclusiones que sirvan de base para la toma de decisiones.

En este sentido, el desarrollo del presente estudio se estructura de manera ordenada, abordando progresivamente los distintos componentes del proyecto, con el fin de entregar una evaluación integral que permita respaldar técnica y económicamente las conclusiones obtenidas.

1. CAPÍTULO 1: PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto tiene como objetivo analizar la reutilización de escoria industrial con fines constructivos, evaluando su viabilidad técnica, económica y ambiental. Este material, proveniente de procesos metalúrgicos, representa una alternativa sustentable frente al uso de áridos naturales, contribuyendo a reducir el impacto ambiental y fomentar la economía circular en la industria de la construcción.

1.1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

Aprovechar la escoria industrial generada en empresas metalúrgicas, como Codelco, mediante su reutilización con fines constructivos, buscando otorgar un uso eficiente a estos residuos acumulados, reducir su impacto ambiental y contribuir al desarrollo de soluciones sustentables dentro de la industria de la construcción.

1.1.1. Objetivo general

Evaluar la viabilidad técnica y económica de la reutilización de escoria industrial como material alternativo en la construcción, con el propósito de proponer soluciones sustentables que contribuyan a la reducción del impacto ambiental y fomenten la economía circular en la industria constructiva.

1.1.2. Objetivos específicos

- Examinar las condiciones actuales de la escoria industrial generada por empresas metalúrgicas, con el fin de establecer su potencial uso en la construcción.

- Evaluar el comportamiento de mezclas que incorporen escoria industrial, observando su resistencia y estabilidad en comparación con materiales convencionales.
- Analizar los posibles usos constructivos de la escoria, tales como su incorporación en mezclas de hormigón, mortero o estabilización de suelos.
- Definir y analizar el proceso técnico necesario para el tratamiento y procesamiento de la escoria industrial, evaluando su viabilidad operativa
- Evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto.

1.2. PRESENTACIÓN CUALITATIVA DEL SECTOR INDUSTRIAL DEL NEGOCIO

La creación de esta empresa surge de la necesidad de dar una solución al problema ambiental generado por la acumulación de escoria industrial en empresas metalúrgicas como Codelco. Este material, resultado de los procesos de fundición, se almacena en grandes acopios que ocupan extensas superficies y pueden generar impactos negativos en el entorno.

Pese a que la escoria posee características físicas y químicas que la hacen potencialmente útil para fines constructivos, su aprovechamiento ha sido limitado debido a la falta de estudios y de aplicación práctica dentro del rubro. Esta situación no solo implica un manejo ineficiente de los residuos industriales, sino también la pérdida de una oportunidad para reducir el consumo de recursos naturales.

Por ello, la propuesta de esta empresa busca transformar la escoria en un recurso con valor agregado, reutilizándola como material de construcción. De esta manera, se contribuye a disminuir el impacto ambiental, fomentar la economía circular y promover una construcción más sustentable en el país.

1.3. FODA

A continuación, se presentan los aspectos analizados de acuerdo con la información del negocio, reconociendo sus fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas. Esta herramienta permite ampliar la visión de la empresa para enfrentar y mejorar el enfoque tanto en el interior como con la competencia existente en el mercado.

1.3.1. Fortalezas

El proyecto cuenta con un sólido conocimiento técnico en construcción, manejo de materiales y experiencia práctica en terreno, lo que permite diseñar y aplicar una solución innovadora y sostenible que optimiza recursos mediante la reutilización de escoria industrial, ofreciendo al mismo tiempo una alternativa económica y ecológica dentro del sector de la construcción.

1.3.2. Oportunidades

El proyecto se inserta en un contexto favorable, con creciente interés en construcción sostenible y economía circular, acceso a posibles incentivos gubernamentales y colaboración académica o industrial, y un mercado que valora la eficiencia, reducción de costos y responsabilidad social, lo que facilita la adopción y expansión de la solución.

1.3.3. Debilidades

A pesar de su potencial, la iniciativa enfrenta limitaciones de financiamiento para pruebas piloto y prototipos, falta de experiencia en gestión empresarial, dependencia de la disponibilidad de escoria industrial, necesidad de cumplir con estrictas normativas, y cierta resistencia inicial del mercado a aceptar materiales no convencionales.

1.3.4. Amenazas

Existen riesgos externos como la preferencia por materiales tradicionales consolidados, posibles cambios en la normativa de construcción, variabilidad en la calidad y disponibilidad de la escoria industrial, altos costos de certificación y pruebas de seguridad, y la percepción negativa de algunos clientes sobre el uso de un material reciclado en la construcción.

1.4. TAMAÑO DEL PROYECTO

La empresa propuesta se clasifica como microempresa, de acuerdo con los criterios establecidos por el Servicio de Impuestos Internos (SII) y la Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), los cuales consideran como microempresa a aquella que presenta ventas anuales de hasta 2.400 UF.

Esta clasificación se justifica porque la empresa se orienta a la reutilización de escoria industrial con fines constructivos, proceso que requiere una planta de tratamiento de tamaño moderado, con maquinaria básica para trituración, selección y almacenamiento del material. Además, el nivel de producción estimado corresponde a una escala controlada, dirigida principalmente al mercado regional, con capacidad de crecimiento progresivo según la demanda.

Por su naturaleza innovadora y sustentable, el proyecto inicia con una estructura organizacional compacta, inversión inicial media y una producción limitada, pero con potencial de expansión futura. Todo esto permite enmarcarla adecuadamente dentro del segmento de microempresa del sector industrial, dedicada a la valorización de residuos y a la economía circular en el ámbito de la construcción.

1.5. LOCALIZACIÓN

La determinación de la localización estratégica de las oficinas de operación y acopio se establecerá considerando diversos factores técnicos, logísticos y económicos que garanticen el funcionamiento eficiente de la empresa. Esta decisión busca optimizar la cercanía a las fuentes de escoria industrial (principal materia prima del proyecto), así como la accesibilidad a vías de transporte, centros urbanos y potenciales clientes del rubro de la construcción.

A continuación, se presentarán las opciones de ubicación de oficinas:

Como primera opción se presenta un galpón ubicado en Montemar, intersección entre ruta valle alegre y ruta F-30-E. Cuenta con 550 m² útiles, dos baños, oficina, piso liso para óptima circulación, estacionamientos propios y visita, MAP y corriente trifásica, además de portería las 24 horas. Costo de arriendo \$2.611.764 (66 UF). Se puede apreciar en la figura 1-1, figura 1-2 y figura 1-3.



Figura 1-1. Fachada exterior.



Figura 1-2. Interior del galpón.



Figura 1-3. Ubicación satelital del galpón.

Se consideró una segunda opción, un galpón ubicado en Concón, ruta F-30-E altura parque del recuerdo. Cuenta con 384 m² útiles, un baño, una oficina privada, patio para maniobra, cuatro estacionamientos, vigilancia 24 horas, cámaras de seguridad y corriente trifásica. Costo de arriendo \$2.255.615 (57 UF). Se puede apreciar en la figura 1-4, figura 1-5 y figura 1-6.



Figura 1-4. Fachada exterior.



Figura 1-5. Interior del galpón.

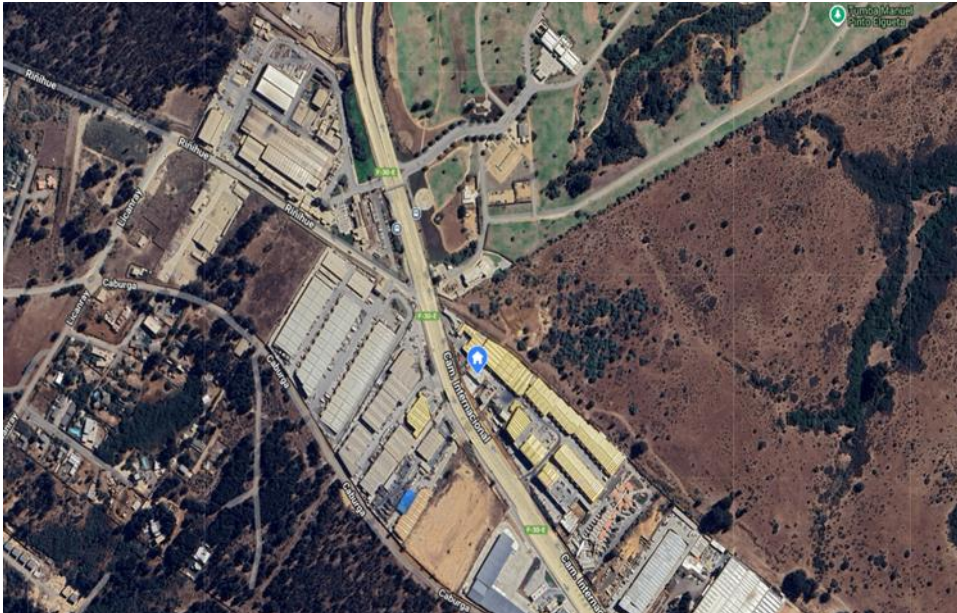


Figura 1-6. Ubicación satelital del galpón.

| ASPECTO QUE CONSIDERAR | GALPÓN MONTEMAR | GALPÓN RUTA F-30-E |
|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| Costo arriendo | 6 | 7 |
| Lugar céntrico | 7 | 7 |
| Instalación acorde a las necesidades | 7 | 5 |
| Accesibilidad | 8 | 6 |
| Ponderación | 6,0 | 5,4 |

Tabla 1-1. Tabla de localización.

De la tabla expuesta, se concluye que la opción más viable para el proyecto será el galpón Montemar, debido a su mayor ponderación en escala 1-10, la cual evalúa cada aspecto necesario para la correcta operación de la empresa.

1.6. SITUACIÓN SIN PROYECTO V/S CON PROYECTO

Según antecedentes presentados en la hoja de ruta RCD y economía circular en construcción elaborada por el Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU) junto al programa Construye2025 (2021), se estima que el consumo total de áridos en Chile alcanza aproximadamente 11 millones de metros cúbicos anuales solo en la región metropolitana, cifra que refleja la alta demanda de materiales granulares en el sector de la construcción y la necesidad de impulsar alternativas sustentables, como la reutilización de residuos industriales para su reemplazo parcial.

En Chile, la actividad de la construcción ha comenzado a mostrar leves signos de recuperación tras un período de contracción provocado por eventos como el estallido social de 2019 y la pandemia (entre otros), que afectaron significativamente la demanda de proyectos y el consumo de materiales. Actualmente, se observa un crecimiento gradual en la construcción y en la solicitud de áridos, indicando un inicio de recuperación económica en este sector.

El gráfico 1-1 muestra como la demanda de áridos dentro del rubro de la construcción en Chile a lo largo de los últimos 44 años ha sufrido variaciones, pero con tendencia ascendente luego del proceso de recesión vivido en los últimos años.

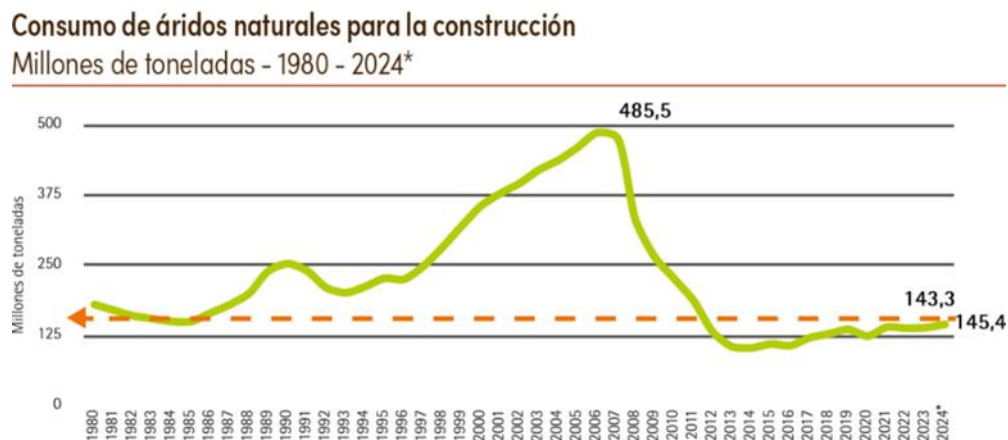


Gráfico 1-1. Consumo de áridos a través de los años.

Dado que en los últimos años se ha observado un aumento gradual en la demanda de áridos en Chile, resulta pertinente evaluar alternativas más sostenibles, como el reemplazo parcial de áridos convencionales por escoria industrial. Esta estrategia permitiría no solo aprovechar un residuo que de otro modo se descarta, sino también contribuir a la sostenibilidad del sector de la construcción y a la reducción de la presión sobre los recursos naturales.

1.6.1. Definición de situación base sin proyecto

La situación actual del sector de la construcción en Chile continuaría dependiendo casi en su totalidad de áridos convencionales, lo que mantiene la presión sobre los recursos naturales y genera un desperdicio de escoria industrial que podría ser reutilizada. Además, se perdería la oportunidad de reducir costos y promover prácticas más sostenibles en la construcción, limitando la innovación y la eficiencia en el uso de materiales.

1.6.2. Definición de situación con proyecto

Con la implementación del proyecto, el sector de la construcción en Chile podría incorporar de manera gradual la escoria industrial como reemplazo parcial de áridos convencionales, promoviendo un uso más eficiente de los recursos y reduciendo el desperdicio de residuos. Esto permitiría no solo mantener la oferta de materiales necesaria para el crecimiento del sector, sino también avanzar hacia prácticas constructivas más sostenibles, económicas y ambientalmente responsables.

El gráfico 1-2 muestra una proyección del uso de la escoria reciclada en la construcción en Chile en base a datos recopilados de industrias tales como Codelco Ventanas, Chuquicamata y Caletones.

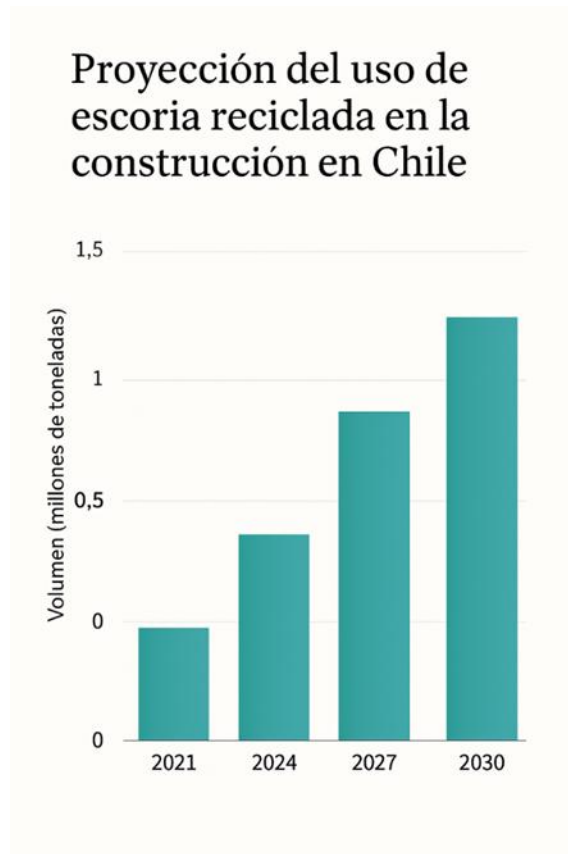


Gráfico 1-2. Proyección de la reutilización de la escoria en la construcción.

1.7. ESTUDIO DE MERCADO

La creciente demanda de materiales para la construcción, junto con la progresiva escasez de áridos naturales y el aumento de exigencias ambientales, ha impulsado la búsqueda de materiales alternativos que permitan satisfacer las necesidades del sector sin comprometer el desempeño técnico de las obras. En este contexto, la escoria industrial surge como una alternativa viable para su incorporación en mezclas constructivas, particularmente como reemplazo parcial de áridos convencionales, siempre que su comportamiento mecánico y estabilidad resulten comparables a los materiales tradicionalmente utilizados.

Diversos antecedentes técnicos y experiencias piloto han demostrado que la escoria industrial presenta características físicas favorables, tales como una estructura angular, alta resistencia al desgaste y buena estabilidad volumétrica, lo que permite obtener mezclas con niveles adecuados de resistencia y durabilidad. Cuando se incorpora en porcentajes parciales, generalmente entre un 20% y un 40% del volumen total de árido, el comportamiento mecánico de las mezclas resulta equivalente e incluso superior al de aquellas elaboradas únicamente con áridos naturales, favoreciendo su aceptación en aplicaciones como bases granulares, mezclas asfálticas y elementos prefabricados.

La escoria de cobre generada por la ex Fundición Ventanas de Codelco ha empezado a incorporarse de manera innovadora en obras de infraestructura vial, posicionándose como una alternativa viable a los áridos convencionales en aplicaciones de pavimentación y construcción. A través de proyectos piloto impulsados por la División Ventanas, se han desarrollado pavimentos que utilizan este material como árido artificial, incluyendo la instalación de una carpeta asfáltica con hasta 20 % de escoria como sustituto de áridos naturales en un estacionamiento ejecutado para uso de la propia división, demostrando su comportamiento físico y estabilidad en obras reales.

Más recientemente, se han iniciado proyectos de pavimentación de mayor escala en rutas y caminos locales, como el camino costero de Loncura en Quintero, donde se incorpora escoria de cobre en la base granular en proporciones de 40 % a 50 % y hasta 30 % en la mezcla asfáltica, validando así su desempeño como material de construcción en infraestructura pública. Estas iniciativas cuentan con la aprobación sanitaria y técnica de

autoridades locales y del Ministerio de Obras Públicas, y buscan aportar evidencia para la recalificación de la escoria desde residuo industrial hacia subproducto reutilizable en construcción, promoviendo al mismo tiempo la economía circular y reduciendo la extracción de áridos naturales.

Desde una perspectiva de mercado, estas características técnicas permiten posicionar a la escoria industrial como un material competitivo frente a los áridos convencionales, especialmente en un escenario donde la disponibilidad de estos últimos se ve cada vez más restringida. La utilización de escoria no solo responde a criterios técnicos, sino que también incorpora beneficios económicos y ambientales asociados a la valorización de un residuo industrial, lo que genera oportunidades para su inserción progresiva en el mercado de la construcción a nivel regional.

1.7.1. Determinación del servicio

Este servicio busca contribuir a la reducción del impacto ambiental asociado a la extracción de áridos naturales, promoviendo la economía circular dentro del sector de la construcción.

A través de la implementación de procesos controlados de trituración, clasificación y ensayos de calidad, la escoria puede transformarse en un material técnicamente apto principalmente para fines constructivos como rellenos, bases granulares para pavimentación o incluso como reemplazo parcial del árido convencional en mezclas de hormigón, entre otras.

La escoria industrial procesada se propone como material alternativo para reemplazar principalmente al árido natural triturado utilizado en capas de base y subbase granular, así como en soluciones de pavimentación. No se considera su uso como sustituto del árido fino ni como reemplazo principal en hormigones estructurales, debido a su mayor densidad y peso específico.

1.7.2. Área de estudio

El área de estudio se concentra principalmente en la Región de Valparaíso, donde se localizan fuentes significativas de escoria industrial, como las generadas por el Complejo Metalúrgico Ventanas. Esta ubicación ofrece ventajas logísticas relevantes, al encontrarse próxima a polos de demanda de materiales de construcción y con buena conectividad hacia los principales centros urbanos del país, como Santiago, Viña del Mar y Valparaíso. La cercanía entre el punto de generación del residuo y los posibles centros de consumo permite reducir los costos de transporte y optimizar la cadena de suministro del material reciclado.

Desde una perspectiva sectorial, el estudio se enmarca en el mercado de la construcción civil, abarcando tanto obras públicas como privadas. Este sector se caracteriza por una demanda constante de áridos y materiales básicos, utilizados en la fabricación de hormigones, pavimentos, estabilizados y elementos prefabricados. En los últimos años, el mercado ha mostrado una tendencia creciente hacia la incorporación de soluciones sostenibles, impulsada por políticas ambientales y certificaciones como LEED o CES, que valoran el uso de materiales con bajo impacto ambiental y origen reciclado.

Actualmente, la escoria de cobre generada por la ex Fundición Ventanas de Codelco constituye un pasivo ambiental de gran magnitud y relevancia para el sector productivo. Tras el cese de operaciones de la fundición en el año 2023, este material permanece acumulado en un depósito controlado, el cual es objeto de monitoreo permanente para asegurar su estabilidad física y ambiental. De acuerdo con los datos publicados por Codelco existen aún entre 4,5 a 4,7 millones de toneladas, generadas a lo largo de varias décadas de operación, lo que evidencia una disponibilidad significativa y continua de material susceptible de ser valorizado en aplicaciones constructivas.

Desde el punto de vista normativo, la escoria de fundición en Chile se encuentra actualmente clasificada como residuo minero masivo no peligroso, condición que limita su uso a gran escala dentro de la industria de la construcción. No obstante, en los últimos años se han desarrollado proyectos piloto impulsados por Codelco que han demostrado la viabilidad técnica de su reutilización como reemplazo parcial de áridos naturales, particularmente en obras de pavimentación, bases granulares, mezclas asfálticas y elementos prefabricados. Estas experiencias han permitido incorporar porcentajes relevantes de escoria

en soluciones constructivas reales, promoviendo la economía circular y evidenciando que el principal obstáculo para su masificación no es técnico, sino regulatorio, lo que abre oportunidades futuras para su aprovechamiento industrial bajo un marco normativo adecuado

La competencia dentro de este mercado se encuentra dominada por proveedores tradicionales de áridos naturales, los cuales enfrentan actualmente limitaciones por la disminución de fuentes autorizadas de extracción. Este contexto genera una oportunidad para la introducción de materiales alternativos que cumplan con las exigencias normativas y ambientales, posicionando a la escoria reciclada como una opción técnica y sostenible para abastecer parte de la demanda regional.

1.7.3. Análisis de demanda actual y futura

La demanda de áridos y materiales de construcción en Chile se mantiene en alza, impulsada por el crecimiento del sector de la construcción y la necesidad permanente de infraestructura pública y privada. Este mercado es uno de los pilares de la economía nacional, representando un alto porcentaje del consumo de materias primas no metálicas. Según proyecciones del Ministerio de Obras Públicas (MOP), el consumo anual de áridos en el país supera los 50 millones de metros cúbicos, y las tendencias indican un aumento progresivo hacia el año 2050, en concordancia con la expansión urbana y el desarrollo de obras civiles.

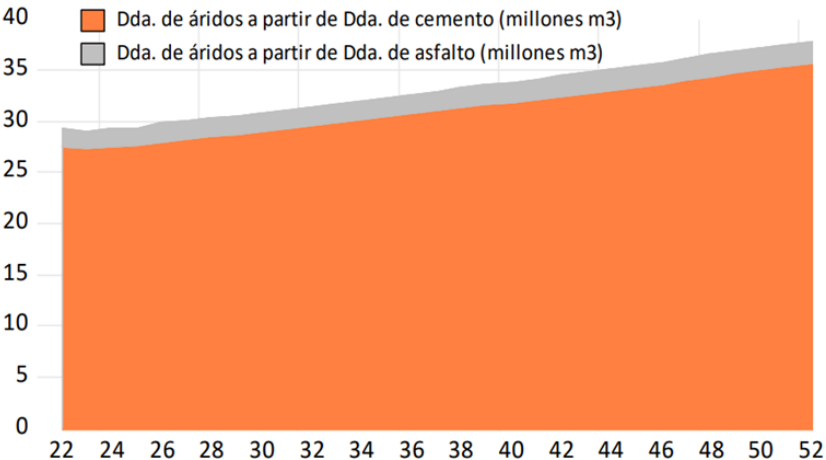


Gráfico 1-3. Estimación de demanda de áridos a partir de proyección de demanda de cemento y asfalto 2022-2052 (millones de m3).

El mercado de la demanda presenta una estructura amplia y diversificada, compuesta principalmente por empresas constructoras, plantas de hormigón, contratistas viales y organismos públicos que ejecutan proyectos de infraestructura. Este grupo de consumidores posee un comportamiento orientado a la calidad técnica, la disponibilidad continua del material y el cumplimiento de normas, lo que convierte a la consistencia y a la trazabilidad del producto en factores determinantes para su adopción.

En la actualidad, la demanda se encuentra cubierta mayoritariamente por áridos naturales provenientes de canteras, graveras y cauces de ríos, pero esta fuente enfrenta una disminución progresiva debido a restricciones ambientales, agotamiento de reservas y conflictos territoriales asociados a la extracción. Esta situación ha generado una búsqueda activa de alternativas más sostenibles, lo que abre espacio a nuevos materiales que puedan cumplir las mismas funciones constructivas con un menor impacto ecológico.

De acuerdo con proyecciones de la demanda de áridos en Chile, la Región de Valparaíso representa aproximadamente el 6,8 % de la demanda total nacional de áridos, considerando criterios de consumo de cemento y asfalto por población regional, esto equivale a una demanda regional aproximada de 1,1 millones de toneladas al mes.

El presente proyecto se plantea como una iniciativa piloto, orientada a abarcar una fracción reducida de dicho mercado. Considerando una capacidad de procesamiento diaria de entre 1 y 5 toneladas, y una operación promedio de 22 días al mes, la planta proyectada alcanzaría una producción mensual máxima cercana a las 110 toneladas, lo que representa aproximadamente un 0,01 % de la demanda mensual. Este enfoque resulta coherente con la escala inicial del proyecto y con las capacidades del equipamiento considerado, tales como trituradora, separador magnético y sistemas de transporte, dejando abierta la posibilidad de una futura expansión en función del comportamiento técnico y económico de la operación.

1.7.4. Análisis de la oferta actual y futura

La oferta actual de áridos en Chile se encuentra dominada por productores tradicionales que extraen material de fuentes naturales, principalmente ríos, quebradas y canteras. Este sector ha experimentado una disminución en su capacidad operativa debido a las crecientes restricciones ambientales, la escasez de yacimientos autorizados y el aumento de los costos asociados al transporte y procesamiento del material. Esta situación ha provocado una presión sobre los precios y ha evidenciado la necesidad de diversificar las fuentes de abastecimiento.

Dentro del mercado, los productores tradicionales de áridos representan un segmento consolidado, con infraestructura, maquinaria y redes de distribución establecidas. Frente a ellos, los potenciales oferentes de escoria reciclada se posicionan como un segmento emergente, que puede diferenciarse a través de la sostenibilidad del producto, la innovación tecnológica y la reducción de huella ambiental. Este posicionamiento resulta atractivo en un contexto donde las políticas públicas y privadas avanzan hacia la adopción de prácticas más responsables con el entorno.

En relación con la oferta de materia prima, y tal como se ha señalado previamente, según antecedentes publicados por Codelco, en la ex Fundición Ventanas existe una disponibilidad estimada entre 4,5 y 4,7 millones de toneladas de escoria de cobre acumuladas tras décadas de operación. Este volumen representa una oferta ampliamente suficiente para abastecer la demanda proyectada del proyecto en el corto y mediano plazo, sin generar restricciones de suministro, lo que refuerza la viabilidad del uso de escoria industrial como material alternativo dentro del mercado de la construcción.

1.7.5. Determinación del precio

La escoria industrial proveniente de la ex Fundición Ventanas de Codelco corresponde a un residuo industrial cuya gestión se enmarca en estrategias de valorización y reducción de pasivos ambientales. En este contexto, su utilización se materializa a través de autorizaciones o convenios que permiten su retiro para fines productivos, sin asociarse a un precio de compra

comercial. Por ello, el valor económico del material para efectos del proyecto se vincula principalmente a los costos logísticos necesarios para su retiro, traslado y manejo operativo.

1.7.6. Sistema de comercialización

El sistema de comercialización de la escoria industrial se enfocará en dar a conocer el producto y destacar sus ventajas frente a los áridos tradicionales. Para ello, se implementarán estrategias que combinen publicidad, diferenciación por calidad y relaciones estratégicas, generando confianza en los clientes y facilitando la adopción del material reciclado en proyectos de construcción.

Estrategias de comercialización:

- Publicidad dirigida en medios digitales y ferias del sector construcción.
- Destacar la garantía de calidad del material, asegurando consistencia en granulometría y resistencia.
- Establecer alianzas con empresas constructoras y proveedores de materiales para facilitar distribución y adopción.
- Promocionar los beneficios ambientales y sustentables del uso de escoria industrial.

2. CAPÍTULO 2: INGENIERÍA BÁSICA Y CONCEPTUAL DEL PROYECTO

2.1. ESTUDIO TÉCNICO

El estudio técnico del proyecto tiene como objetivo definir y evaluar los aspectos necesarios para la correcta prestación del servicio, considerando la optimización de procesos, equipos, recursos humanos, instalaciones y materiales, con el fin de minimizar costos y asegurar una operación eficiente y competitiva. En este contexto, se analiza el comportamiento de mezclas que incorporan escoria industrial como material alternativo, evaluando su desempeño mecánico y estabilidad en comparación con áridos convencionales, a partir de antecedentes técnicos, referencias normativas y ensayos reportados en la literatura.

Los resultados permiten identificar que la escoria industrial presenta un uso óptimo principalmente en aplicaciones como capas de base, subbase y pavimentación, donde sus características de resistencia y peso específico resultan favorables, mientras que su utilización en hormigón estructural para edificación presenta limitaciones asociadas al incremento del peso propio. Este análisis permite delimitar técnicamente las aplicaciones más adecuadas del material, respaldando su valorización principalmente en obras viales y pavimentadas.

| Criterio evaluado | Escoria industrial | Árido convencional |
|------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Peso específico | Alto | Medio |
| Resistencia mecánica | Alta | Media-Alta |
| Estabilidad en capas granulares | Alta | Media-Alta |
| Comportamiento en bases y subbases | Muy favorable | Favorable |
| Uso en pavimentos | Recomendado | Recomendado |
| Uso en hormigón estructural | Posible, con limitaciones por peso | Óptimo |
| Aplicación en edificación | Poco óptimo en edificios | Óptimo |
| Enfoque principal de uso | Obras viales y pavimentación | Edificación y obras generales |

Tabla 2-1. Comparativa con árido convencional.

2.1.1. Descripción y selección de procesos

La empresa propuesta se orienta al reciclaje de escoria industrial proveniente de procesos metalúrgicos, transformando este residuo en materiales utilizables en obras de construcción.

El funcionamiento considera una secuencia operativa ordenada, controlada y orientada al cumplimiento de normativas técnicas y ambientales vigentes.

Recepción y acopio del material:

La operación comienza con la recepción de la escoria en bruto, la cual es descargada y registrada para asegurar trazabilidad. El material se almacena en un galpón cubierto, lo que evita la dispersión de polvo, la contaminación con elementos externos y el arrastre por lluvia.

Preclasificación y retiro de impurezas:

Antes de su procesamiento, la escoria pasa por una etapa de selección inicial para retirar metales libres, residuos no minerales y piezas de gran tamaño. Se emplean separadores magnéticos, inspección manual en cintas transportadoras y equipos de impacto cuando se requiere fragmentar elementos voluminosos.

Trituración del material:

Una vez preclasificado, el material ingresa al sistema de trituración.

- Trituración primaria: reducción inicial mediante chancadores de mandíbula o cono.
- Trituración secundaria o terciaria (según necesidad): equipos de mayor precisión para obtener granulometrías más controladas, adecuadas para su clasificación posterior.

Tamizado y clasificación granulométrica:

El material triturado se somete a un proceso de tamizado mediante zarandas vibratorias, separándose en fracciones fina, media y gruesa. Esta etapa permite obtener áridos con dimensiones específicas según los requisitos de uso constructivo.

Control de calidad del producto:

Después del procesamiento se ejecutan ensayos de laboratorio para verificar el cumplimiento de parámetros técnicos. Entre ellos se incluyen granulometría, densidad, absorción, humedad, desgaste Los Ángeles, compactación (Proctor) y CBR. Los resultados permiten validar la aptitud del árido para su aplicación en obras.

Acondicionamiento final (cuando corresponde):

Dependiendo del producto proyectado, pueden aplicarse tratamientos adicionales como lavado para eliminar polvo, mezclas con aditivos cementantes o procesos de estabilización para mejorar su desempeño.

Almacenamiento del producto final:

Los materiales ya procesados se depositan en sectores específicos, separados por tipo y granulometría, asegurando trazabilidad y evitando contaminación cruzada. Cada lote se identifica y prepara para su distribución.

Carga y distribución:

El árido terminado se carga en camiones tolva o bateas, acompañado de fichas técnicas, certificados de calidad y documentación de despacho, garantizando un suministro ordenado y conforme a los requerimientos del cliente.

Infraestructura necesaria para la operación:

- Patio de acopio para escoria en bruto.
- Separador magnético con cinta transportadora de alimentación.
- Zona de trituración equipada con chancador de mandíbula y tolva de alimentación.
- Sector de cribado con zaranda vibratoria y cinta transportadora de descarga.
- Patio de almacenamiento para áridos finales clasificados.
- Oficina para administración y control operativo.
- Laboratorio básico para ensayos de granulometría (externo).

2.1.2. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques es una representación gráfica simplificada que se utiliza para mostrar de forma clara y ordenada los procesos principales de un proyecto, indicando cómo se conectan entre sí y cómo fluye la información, los materiales o las actividades entre cada etapa, este tipo de diagrama permite visualizar rápidamente el funcionamiento general del proyecto sin entrar en detalles técnicos, facilitando su comprensión y análisis



Figura 2-1. Diagrama de bloque.

2.1.3. Diagrama de flujos

El siguiente diagrama de flujo de procesos es un esquema que muestra de forma simple y ordenada cómo funcionan las distintas etapas de un proyecto. Permite ver los pasos y qué operaciones se realizan. Gracias a este diagrama, es más fácil entender el proceso completo y visualizar su funcionamiento de manera clara y práctica.

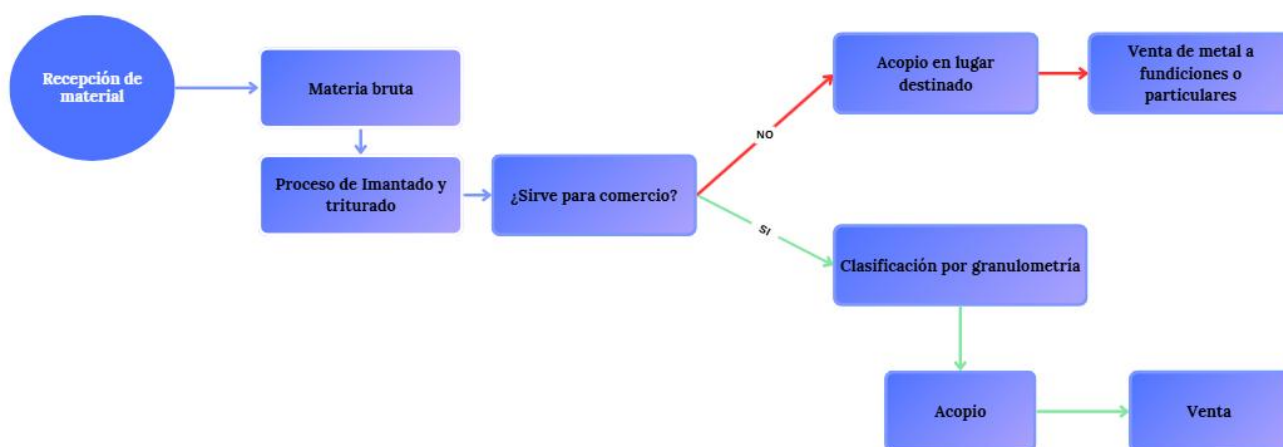


Figura 2-2. Diagrama de flujos.

De un buen diagrama de flujos se puede desprender los problemas y las mejoras de un proceso, y capacitar a los empleados.

2.1.4. Diagrama de Lay Out

Se presenta el diagrama de Lay Out, el cual permitirá visualizar de manera clara y ordenada la distribución general de las instalaciones. Este esquema constituye una herramienta fundamental para comprender la organización espacial de los distintos procesos, áreas operativas y recursos necesarios para el funcionamiento del proyecto, sirviendo además como base para la planificación y el análisis posterior

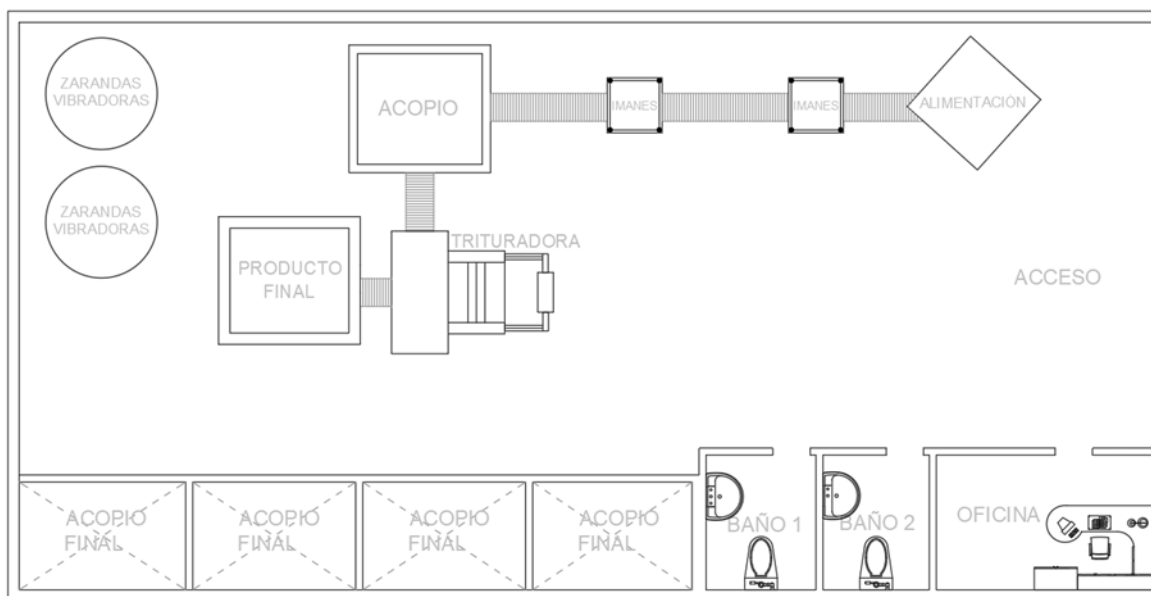


Figura 2-3. Planta de instalaciones.

2.1.5. Balance de masa y energía

La valorización de escoria industrial para la producción de áridos reciclados constituye una alternativa eficiente y ambientalmente adecuada frente al uso de áridos naturales. La escoria metalúrgica presenta características que permiten su aprovechamiento mediante procesos mecánicos simples, tales como trituración, cribado y separación magnética. Esto reduce los costos operacionales y facilita la implementación de plantas de pequeña escala, como la propuesta en este proyecto.

En el contexto regional, la demanda por materiales reciclados ha aumentado debido a regulaciones ambientales más estrictas, la necesidad de disponer adecuadamente residuos industriales y la creciente incorporación de áridos alternativos en obras de mantención, rellenos estructurales y proyectos de paisajismo. En este escenario, una empresa pequeña podría insertarse en el mercado local, abasteciendo principalmente a constructoras pequeñas, municipalidades y empresas dedicadas a obras de mejoramiento y estabilización de suelos.

Balance de masa

El proceso productivo genera cuatro fracciones principales:

- Árido reciclado útil: producto final destinado a la venta.
- Fracción metálica: separada mediante separación magnética.
- Finos no aprovechables: partículas menores a 4 mm que no cumplen con la granulometría requerida.
- Pérdidas menores asociadas al manipuleo: polvo adherido o arrastre mínimo durante la operación.

En la etapa inicial del proyecto se optó por no incorporar hornos ni equipos de secado térmico debido a que la planta está diseñada como una unidad de pequeña escala, orientada a minimizar la inversión y los costos operacionales iniciales. El secado térmico implicaría una significativa demanda energética adicional, mayores requerimientos de infraestructura (combustión, ventilación, control de emisiones) y un incremento relevante en costos fijos y variables que no se justifican con la escala esperada de producción. Así mismo, el producto

final (áridos reciclados para usos en relleno, compactación y obras específicas) es aceptado por la mayoría de los clientes locales, por lo que la eliminación del secado no compromete la funcionalidad del material ni la calidad requerida para los usos previstos. Por todo lo anterior, la decisión técnica y económica de operar en frío (solo procesos mecánicos) se considera la alternativa más adecuada para validar la operatividad del proceso, optimizar costos y facilitar la escalabilidad futura cuando la demanda y los márgenes lo permitan.

Los porcentajes utilizados corresponden a valores típicos reportados para escorias de uso común en la industria:

- Fracción metálica: 2%.
- Finos: 10%.
- Árido reciclado útil: 80%.
- Pérdidas menores: consideradas dentro de los finos.

Aplicados a la escala de operación, los resultados del balance de masa diario son los siguientes:

- Escoria alimentada: 1.000 a 5.000 kg/día.
- Fracción metálica recuperada: 20 a 100 kg/día.
- Finos descartados: 100 a 500 kg/día.
- Árido reciclado producido: 800 a 4.000 kg/día.

En resumen, por cada tonelada de escoria procesada se obtienen aproximadamente:

- 0,8 toneladas de árido reciclado.
- 0,02 toneladas de metal recuperable.
- 0,1 toneladas de finos.

Balance de energía

El balance de energía del proyecto tiene por objetivo identificar y cuantificar los principales consumos energéticos asociados a la operación de las instalaciones, considerando el conjunto de equipos y procesos necesarios para el procesamiento de la escoria industrial. Para la operación del sistema se contempla el uso de suministro eléctrico trifásico, lo que

permite una alimentación estable y continua de la maquinaria, acorde a los requerimientos de potencia de los equipos industriales considerados.

a) Condiciones de operación

El análisis se desarrolla para una operación de carácter piloto, con una capacidad de procesamiento de 5 toneladas diarias. Se considera una jornada laboral de 8 horas diarias y un régimen de trabajo de 22 días al mes. La operación de los equipos no es completamente simultánea, por lo que se aplican factores de utilización representativos del funcionamiento real de la planta.

c) Equipos considerados

Los equipos incluidos en el balance energético corresponden a una trituradora de mandíbulas con una potencia nominal aproximada de 15 kW, dos separadores magnéticos con una potencia unitaria estimada de 2 kW cada uno, dos cintas transportadoras de 3 kW cada una, dos zarandas vibradoras destinadas a la clasificación granulométrica del material con una potencia aproximada de 7,5 kW cada una, además de los sistemas de iluminación del galpón y los equipos eléctricos menores asociados a las oficinas administrativas y control operativo.

d) Supuestos de utilización

Para el cálculo del consumo energético se considera que la trituradora opera con un factor de uso del 70 % de la jornada laboral. Los separadores magnéticos, las cintas transportadoras y las zarandas vibradoras operan con un factor de uso del 80 %. Los sistemas de iluminación y los equipos administrativos se consideran en funcionamiento continuo durante la jornada de trabajo.

e) Consumo energético diario

Bajo los supuestos anteriores, el consumo energético diario de la trituradora se estima en aproximadamente 84 kWh. Los dos separadores magnéticos presentan un consumo conjunto cercano a 25,6 kWh diarios. Las cintas transportadoras alcanzan un consumo conjunto del orden de 38,4 kWh por día. Las dos zarandas vibradoras presentan un consumo

conjunto aproximado de 96 kWh diarios. A estos valores se suman aproximadamente 12 kWh diarios correspondientes a la iluminación del galpón y 8 kWh diarios asociados a los equipos administrativos y consumos menores. En consecuencia, el consumo energético total diario de la planta se estima en alrededor de 264 kWh.

f) Consumo energético mensual

Considerando un régimen de operación de 22 días al mes, el consumo energético mensual de la planta se estima en aproximadamente 5.800 kWh. Este valor resulta coherente con la potencia instalada total del sistema, estimada en torno a los 42,5 kW, y con la escala productiva definida para el proyecto.

g) Análisis general

El balance de energía desarrollado demuestra que la operación de la planta es compatible con un suministro eléctrico trifásico convencional, permitiendo el funcionamiento adecuado de todas las etapas del proceso, incluyendo trituración, separación magnética, transporte interno y clasificación granulométrica. Los resultados obtenidos constituyen un insumo técnico relevante para la estimación de los costos operacionales asociados al consumo de energía eléctrica y para la evaluación económica del proyecto.

2.1.6. Selección de equipos

A continuación, se detallan los equipos indispensables para garantizar la correcta operación de las instalaciones de la planta de reciclaje de escoria industrial. Estos elementos representan la infraestructura mínima necesaria para asegurar un flujo de proceso continuo, seguro y eficiente, abarcando desde la recepción del material en bruto hasta su transformación en áridos reutilizables. Cada equipo cumple una función operativa específica dentro de la línea productiva, permitiendo asegurar la calidad del producto final. Asimismo, se considera la participación de profesionales capacitados, responsables de la correcta selección, instalación y operación de los equipos, asegurando que cada componente cumpla con los estándares técnicos requeridos

| Descripción | Cantidad | Precio | Total | UF |
|--|----------|-------------|-------------|--------|
| Imán de banda transportadora marca Shandong | 2 | \$1.800.000 | \$3.600.000 | 90,72 |
| Mini container BAUER MSB 400 | 6 | \$ 899.990 | \$5.399.940 | 136,08 |
| Trituradora de mandíbula modelo PEX 250 X 1000 marca Komatsu | 1 | \$8.000.000 | \$8.000.000 | 201,60 |
| Zaranda vibratoria JXRVS-400 | 2 | \$1.400.000 | \$2.800.000 | 70,56 |
| Cintas de redes transportadoras, de 8 mts de largo. | 1 | \$4.200.000 | \$4.200.000 | 105,84 |
| Cintas de redes transportadoras, de 4 mts de largo. | 1 | \$2.990.000 | \$2.990.000 | 75,35 |

Tabla 2-2. Equipos y maquinaria indispensables.

2.2. ASPECTOS TÉCNICOS Y LEGALES

En este ítem se describirá la estructura organizacional que adoptará la empresa, detallando cada cargo, sus responsabilidades y el perfil requerido para su correcto desempeño. Asimismo, se incluirá el programa laboral de trabajo, la definición de sueldos y la normativa legal aplicable para asegurar el buen funcionamiento de la operación. Además, se abordarán las posibles restricciones legales que pudieran afectar la ejecución del proyecto, tales como limitaciones relacionadas con la localización de la planta, el uso del producto o cualquier otra condición regulatoria que pudiera incidir en su viabilidad.

2.2.1. Estructura organizacional

Para cada proyecto es posible definir la estructura organizativa que más se adapte a los requerimientos de su posterior operación. Conocer esta estructura es fundamental para definir las necesidades de personal calificado para la gestión y, por lo tanto, estimar con mayor precisión los costos indirectos de la mano de obra ejecutiva.



Figura 2-4. Organigrama de la empresa.

2.2.2. Personal, cargos, perfiles.

Continuando, se mencionarán los cargos disponibles para el funcionamiento de las instalaciones, señalando el perfil requerido para cada uno.

Cargo: Director de instalaciones.

Título: Ingeniero Constructor, Ingeniero Civil, Ingeniero Civil Industrial.

Experiencia: 8 años de experiencia en cargos de gerencia o similares.

Objetivo: Supervisar el funcionamiento total de la planta, coordinar al personal y asegurar el cumplimiento de los objetivos productivos, normativos y de seguridad.

Cargo: Experto en prevención.

Título: Técnico o Ingeniero en Prevención de riesgos.

Experiencia: 3 años en gestión de calidad, seguridad y medioambiente.

Objetivo: Controlar y gestionar las condiciones de seguridad, identificar riesgos, capacitar al personal y velar por el cumplimiento de la normativa preventiva.

Cargo: Operario de procesos

Título: Técnico industrial o Curso de operador de maquinaria industrial.

Experiencia: 5 años en trabajos que involucren procesos industriales.

Objetivo: Ejecuta las labores productivas del reciclaje, controla parámetros básicos, reporta anomalías y mantiene la calidad del producto final.

Cargo: Ayudante.

Título: Enseñanza media completa.

Experiencia 1 año de experiencia previa en labores relacionadas.

Objetivo: Brindar apoyo en tareas operativas y logísticas, facilitar herramientas y colaborar en actividades que requieren refuerzo de personal.

Cargo: Chofer de maquinaria

Título: Poseer licencia clase D

Experiencia: 5 años de experiencia en cargos similares.

Objetivo: Operar equipos móviles para trasladar, cargar y descargar material, asegurando un flujo eficiente entre las etapas del proceso.

2.2.2.1. Programa de trabajo, turnos y gastos en personal

Cumpliendo con la ley 21.561 en Chile, la cual establece un tope máximo de 40 horas laborales a la semana, se establecerá el horario desde las 8:30 hasta las 17:30 de lunes a viernes salvo el prevencionista, quien tendrá visitas días específicos.

A continuación, se presentará una tabla con el personal requerido para el proyecto:

| Cantidad | Mano de obra calificada |
|----------|-------------------------|
| 1 | Director |
| 1 | Prevencionista |
| 1 | Operador de procesos |
| 1 | Ayudante |
| 1 | Chofer |

Tabla 2-3. Personal necesario.

2.2.2.2. Sueldos del personal

El personal tendrá contrato definido y su remuneración será correspondiente al cargo a desempeñar, como lo muestra la siguiente tabla.

| Personal | Cantidad | Unitario | Mensual | Anual | UF |
|----------------------|----------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------|
| Director | 1 | \$1.150.000 | \$1.150.000 | \$13.800.000 | 347,77 |
| Operador de procesos | 1 | \$ 700.000 | \$ 700.000 | \$ 8.400.000 | 211,68 |
| Ayudante | 1 | \$ 550.000 | \$ 550.000 | \$ 6.600.000 | 166,32 |
| Chofer | 1 | \$ 700.000 | \$ 700.000 | \$ 8.400.000 | 211,68 |
| TOTAL | 4 | \$3.100.000 | \$3.100.000 | \$37.200.000 | 937,45 |

Tabla 2-4. Detalle de sueldos del personal

Se considera la contratación de un prevencionista de riesgos bajo modalidad de prestación de servicios, sin contrato fijo, quien realizará aproximadamente cinco visitas mensuales para la ejecución de charlas de seguridad y apoyo en materia preventiva. El costo mensual estimado por este servicio asciende a \$250.000, monto considerado dentro de los gastos operacionales del proyecto.

2.2.2.3. Otros gastos generales

| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | VALOR | TOTAL | UF |
|----------|--------------------------------------|--------|----------|--------------|--------------------|--------------|
| 1 | INSTALACIONES | | | | | |
| | Arriendo de galpón | mes | 1 | \$2.611.764 | \$2.611.764 | 65,82 |
| | Casino modular pequeño | mes | 1 | \$ 100.000 | \$ 100.000 | 2,52 |
| | | | | Total | \$2.711.764 | 68,34 |
| 2 | MOBILIARIO | | | | | |
| | Estación De Trabajo Escritorio Tokio | gl | 2 | \$ 57.990 | \$ 115.980 | 2,92 |
| | Estante Darren Madera 5 Nivel(es) | gl | 1 | \$ 109.990 | \$ 109.990 | 2,77 |
| | Silla De Oficina SOME | gl | 2 | \$ 49.990 | \$ 99.980 | 2,52 |
| | Basurero | gl | 2 | \$ 2.990 | \$ 5.980 | 0,15 |
| | Sillón espera | gl | 1 | \$ 79.900 | \$ 79.900 | 2,01 |
| | | | | Total | \$ 411.830 | 10,38 |
| 3 | ARTÍCULOS ELECTRÓNICOS | | | | | |
| | PC portátil i5 16gb RAM | gl | 2 | \$ 650.000 | \$1.300.000 | 32,76 |
| | Impresora EPSON L3250 | gl | 1 | \$ 250.000 | \$ 250.000 | 6,30 |
| | | | | Total | \$1.550.000 | 39,06 |
| 4 | ARTÍCULOS OFICINA | | | | | |
| | Librería | mes | 1 | \$ 20.000 | \$ 20.000 | 0,50 |
| | | | | Total | \$ 20.000 | 0,50 |
| 5 | OTROS GASTOS | | | | | |
| | EPP | gl | 1 | \$ 280.000 | \$ 280.000 | 7,06 |
| | Laboratorio externo para ensayos | gl | 1 | \$ 850.000 | \$ 850.000 | 21,42 |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--------------|--------------------|--------------|
| | | | | Total | \$1.130.000 | 28,48 |
|--|--|--|--|--------------|--------------------|--------------|

| | |
|--------------|--------------------|
| Total | \$5.823.594 |
| UF | 146,76 |

Tabla 2-5. Detalle de gastos generales.

2.2.3. Marco legal

En este apartado se define al conjunto de leyes, reglamentos y normativas que regulan el desarrollo del proyecto, cuyo análisis permite comprobar su viabilidad legal y asegurar que su ejecución se realice conforme a la legislación vigente, considerando aspectos ambientales, sanitarios, laborales y de seguridad.

Constitución Política de la República de Chile.

Establece el derecho a desarrollar actividades económicas lícitas, siempre que estas no sean contrarias a la moral, el orden público o la seguridad nacional, y respeten las normas legales que las regulan.

Código Civil y Código de Comercio.

Regulan la constitución de la empresa, contratos, responsabilidades civiles y relaciones comerciales necesarias para el funcionamiento del proyecto.

Código del Trabajo (DFL N°1, 2003)

La relación contractual entre la empresa y sus trabajadores se regirá por el Código del Trabajo, el cual establece las normas relativas a la contratación, jornada laboral,

remuneraciones, derechos y obligaciones de las partes, asegurando el cumplimiento de la legislación laboral vigente.

Ley N° 19.300.

Sobre Bases Generales del Medio Ambiente: Establece los principios para la protección del medio ambiente y la prevención de impactos ambientales negativos.

Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA).

Se analiza la necesidad de ingreso del proyecto mediante una Declaración de Impacto Ambiental (DIA), de acuerdo con la magnitud y características de las actividades a desarrollar.

Normativa sobre residuos y emisiones.

Considera el manejo adecuado de residuos y el control de emisiones, evitando afectaciones al entorno.

Código Sanitario

Regula las condiciones sanitarias que deben cumplir los recintos e instalaciones donde se desarrollan actividades productivas.

Decreto Supremo N° 594/1999 del Ministerio de Salud

Establece las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo, tales como ventilación, iluminación, servicios higiénicos y control de agentes contaminantes.

Ley N° 16.744

Define las obligaciones relacionadas con la prevención de accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.

Reglamentos de seguridad laboral

Exigen la implementación de medidas preventivas, uso de equipos de protección personal (EPP) y capacitación del personal.

Ley General de Urbanismo y Construcciones (LGUC)

Regula el uso del suelo y las condiciones para la edificación de instalaciones.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC)

Establece los requisitos técnicos y constructivos de edificaciones como galpones y bodegas.

Plan Regulador Comunal (PRC)

Define la compatibilidad del proyecto con el uso de suelo permitido en el sector donde se emplaza.

Desde el punto de vista legal, el proyecto no presenta restricciones significativas que impidan su ejecución, siempre que se cumpla con la normativa ambiental, sanitaria, laboral y urbanística vigente, y se obtengan los permisos correspondientes para su funcionamiento.

2.2.4. Impacto medio ambiental

El presente estudio tiene por objetivo identificar y evaluar los posibles impactos ambientales asociados a la ejecución y operación del proyecto, considerando principalmente los efectos sobre la calidad del aire, niveles de ruido, manejo de aguas servidas y otros aspectos ambientales relevantes. Asimismo, se proponen medidas de mitigación orientadas a minimizar o eliminar dichos impactos, asegurando un desarrollo ambientalmente responsable y conforme a la normativa vigente.

Impacto en la calidad del aire

Descripción: Durante la ejecución y operación del proyecto, se pueden generar emisiones de material particulado producto de la manipulación de materiales, tránsito de vehículos y funcionamiento de maquinaria. Estas emisiones podrían afectar la calidad del aire en el entorno inmediato.

Evaluación: El impacto se considera moderado y localizado, ya que las emisiones no son permanentes ni de alta concentración, y se limitan principalmente al área de operación del proyecto.

Medidas de mitigación:

- Humectación periódica de superficies y zonas de acopio para reducir la emisión de polvo.
- Mantenimiento preventiva de maquinaria y vehículos.
- Control de velocidad de los vehículos dentro del recinto.
- Uso de equipos de protección respiratoria para los trabajadores cuando corresponda.

Impacto por generación de ruido

Descripción: El funcionamiento de maquinaria, equipos y tránsito de vehículos puede generar niveles de ruido que afecten tanto a los trabajadores como al entorno cercano.

Evaluación: El impacto se clasifica como bajo a moderado, ya que se produce únicamente durante horarios laborales y no de forma continua.

Medidas de mitigación:

- Restricción de las actividades ruidosas a horarios diurnos.
- Uso de silenciadores y mantenimiento adecuada de equipos.
- Implementación de barreras físicas o cerramientos cuando sea necesario.
- Uso obligatorio de protección auditiva para los trabajadores expuestos.

Manejo de aguas servidas

Descripción: El proyecto genera aguas servidas principalmente de origen sanitario, asociadas al uso de servicios higiénicos por parte del personal.

Evaluación: El impacto es bajo, siempre que las aguas servidas sean manejadas de forma adecuada y conforme a la normativa sanitaria.

Medidas de mitigación:

- Conexión a la red de alcantarillado público, cuando exista disponibilidad.
- En caso contrario, uso de sistemas aprobados, tales como fosas sépticas o baños químicos con retiro periódico autorizado.
- Prohibición de descargas directas al suelo o cuerpos de agua.

Manejo de residuos sólidos

Descripción: Durante el desarrollo del proyecto se generan residuos sólidos comunes, tales como restos de materiales, envases y residuos domésticos.

Evaluación: El impacto se considera bajo, siempre que exista una correcta gestión de residuos.

Medidas de mitigación:

- Separación de residuos según su tipo.
- Almacenamiento temporal en zonas habilitadas y señalizadas.
- Retiro periódico por empresas autorizadas.
- Fomento de la reutilización y reciclaje cuando sea posible.

Impacto sobre el suelo

Descripción: El tránsito de maquinaria y el acopio de materiales podrían generar compactación del suelo o derrames accidentales.

Evaluación: El impacto es bajo y reversible, limitado al área del proyecto.

Medidas de mitigación:

- Delimitación de zonas de circulación y acopio.
- Uso de superficies estabilizadas.
- Protocolos de manejo y limpieza ante derrames accidentales.

De acuerdo con el análisis realizado, el proyecto no genera impactos ambientales significativos, siempre que se implementen las medidas de mitigación propuestas. Los impactos identificados son de carácter localizado, controlable y de baja magnitud, lo que permite concluir que el proyecto es ambientalmente viable y compatible con el entorno, cumpliendo con la normativa ambiental vigente.

2.3. DOCUMENTOS DEL PROYECTO

2.3.1. Diseño de sistema de tuberías

Para el transporte interno de material sólido dentro de la instalación se considera la utilización de cintas transportadoras semifijas, en reemplazo del uso de tuberías convencionales, debido a la naturaleza del material y a las condiciones operativas del proyecto.

El sistema contempla cintas transportadoras de 4 y 8 metros de longitud, las cuales permiten conducir el material entre las distintas etapas del proceso de manera continua. Estas cintas se apoyan sobre elementos prefabricados de hormigón, facilitando su instalación, traslado y adaptación a cambios en el layout de la planta.

La incorporación de este sistema permite optimizar el flujo de materiales, reducir la manipulación mediante equipos móviles y mejorar las condiciones de operación dentro de la instalación.

2.3.2. Diseño de sistema de potencias

El proyecto considera que el galpón cuenta con suministro eléctrico permanente, pero naturalmente es insuficiente para abastecer las instalaciones por completo, para esto se contempla el cambio de corriente monofásica a trifásica, con el fin de asegurar la continuidad operativa.

Esta decisión permite prescindir del uso permanente de generación eléctrica autónoma, reduciendo los costos operacionales asociados al consumo de combustible y mantenimiento de equipos.

Lo anterior contribuye a una operación más estable y segura, disminuyendo el riesgo de interrupciones en el proceso productivo y mejorando la continuidad operacional de las instalaciones.

2.3.3. Diseño de obras civiles

El proyecto considera el arriendo de un galpón para las actividades productivas, el cual será acondicionado para el almacenamiento y procesamiento de materiales. Además, se arrienda un casino modular para el descanso del personal durante las pausas de colación, asegurando un espacio adecuado y cómodo.

Las obras civiles incluyen la adecuación del terreno, los accesos vehiculares, estacionamientos dentro del recinto y rutas de evacuación, garantizando la seguridad y eficiencia operativa del proyecto.

2.3.4. Bases administrativas

Descripción general

Las presentes Especificaciones Técnicas Administrativas regulan las condiciones bajo las cuales se llevará a cabo la habilitación y operación de una instalación industrial, destinada al procesamiento de material sólido, considerando el uso de un galpón arrendado y la incorporación de la maquinaria necesaria para su funcionamiento.

Modalidad de ejecución

La operación de la instalación será desarrollada directamente por la empresa, mediante personal contratado, sin participación de empresas contratistas para la ejecución de las actividades productivas.

Alcance de los trabajos

El alcance de la operación comprende, a lo menos:

- Instalación y disposición de maquinaria dentro del galpón.
- Puesta en marcha y operación del proceso productivo.
- Coordinación de actividades internas de la instalación.
- Mantenimiento básico de equipos y áreas de trabajo.

Normativa aplicable

La operación de la instalación deberá cumplir con la normativa vigente aplicable en materias de construcción, electricidad, seguridad y medio ambiente, además de lo establecido en la presente memoria y antecedentes del proyecto.

Seguridad y salud ocupacional

Durante la operación de la instalación, la empresa deberá implementar las medidas necesarias para la protección de la seguridad y salud del personal. Para estos efectos, se considerarán visitas periódicas de un experto en prevención de riesgos, destinadas a la revisión de condiciones de seguridad y a la emisión de recomendaciones preventivas.

Organización y control operativo

La empresa será responsable de la organización, coordinación y control de la operación, debiendo establecer procedimientos internos que aseguren la continuidad del proceso, el orden en las instalaciones y el uso adecuado de los equipos.

2.3.5. Cotizaciones

Se detallan las cotizaciones completas para la estimación de los costos asociados al proyecto. Estas cotizaciones incluyen la adquisición de activos necesarios para el funcionamiento del proceso productivo, los arriendos asociados a infraestructura y equipamiento, así como los costos de formalización requeridos para la constitución y operación legal de la empresa.

| COTIZACIONES | | | | | |
|---------------------|--|----------|--------------|---------------------|----------------|
| Item | Descripción | Cantidad | Precio | Total | UF |
| 1 | Equipo necesario | | | | |
| 1.1 | Imán de banda transportadora marca Shandong | 2 | \$ 1.800.000 | \$ 3.600.000 | 90,72 |
| 1.2 | Minicontainer BAUER MSB 400 | 6 | \$ 899.990 | \$ 5.399.940 | 136,08 |
| 1.3 | Trituradora de mandíbula modelo PEX 250 X 1000 marca Komatsu | 1 | \$ 8.000.000 | \$ 8.000.000 | 201,60 |
| 1.4 | Zaranda vibratoria JXRVS-400 | 2 | \$ 1.400.000 | \$ 2.800.000 | 70,56 |
| 1.5 | Set tamices granulométricos Science Equip | 2 | \$ 80.000 | \$ 160.000 | 4,03 |
| 1.6 | Cintas de redes transportadoras, de 8 mts de largo. | 1 | \$ 4.200.000 | \$ 4.200.000 | 105,84 |
| 1.7 | Cintas de redes transportadoras, de 4 mts de largo. | 1 | \$ 2.990.000 | \$ 2.990.000 | 75,35 |
| 1.8 | Camión ISUZU 6 Ton Dump Truck | 1 | \$15.000.000 | \$15.000.000 | 378,01 |
| 1.9 | Minicargador frontal Bobcat | 1 | \$12.000.000 | \$12.000.000 | 302,40 |
| 1.10 | Impresora marca EPSON EcoTank L3250 (multifuncional) | 1 | \$ 250.000 | \$ 250.000 | 6,30 |
| 1.11 | Estación De Trabajo Escritorio Tokio | 2 | \$ 57.990 | \$ 115.980 | 2,92 |
| 1.12 | Estante Darren Madera 5 Nivel(es) | 1 | \$ 109.990 | \$ 109.990 | 2,77 |
| 1.13 | Silla De Oficina SOME | 2 | \$ 49.990 | \$ 99.980 | 2,52 |
| 1.14 | Basurero | 2 | \$ 2.990 | \$ 5.980 | 0,15 |
| 1.15 | Sillón espera | 1 | \$ 79.900 | \$ 79.900 | 2,01 |
| 1.16 | PC portátil i5 16gb RAM | 2 | \$ 650.000 | \$ 1.300.000 | 32,76 |
| 1.17 | Librería | 1 | \$ 20.000 | \$ 20.000 | 0,50 |
| 1.18 | EPP | 1 | \$ 280.000 | \$ 280.000 | 7,06 |
| 2 | Arriendos | | | | |
| 2.1 | Galpón | 1 | \$ 2.611.764 | \$ 2.611.764 | 65,82 |
| 2.2 | Casino modular pequeño | 1 | \$ 100.000 | \$ 100.000 | 2,52 |
| 2.3 | Laboratorio para ensayos | 1 | \$ 850.000 | \$ 850.000 | 21,42 |
| 3 | Costos de constitución y formalización | | | | |
| 3.1 | Constituir sociedad | 1 | \$ 600.000 | \$ 600.000 | 15,12 |
| 3.2 | Marketing inicial | 1 | \$ 1.500.000 | \$ 1.500.000 | 37,80 |
| | | | | | |
| | | | TOTAL | \$62.073.534 | 1564,28 |

Tabla 2-6. Cotización a detalle.

2.3.6. Cálculos obtenidos

En el presente proyecto no se desarrollan cálculos estructurales, debido a que no se contempla la ejecución de nuevas construcciones. La propuesta considera únicamente el arriendo de infraestructura existente, la instalación de maquinaria y equipos productivos al interior del galpón. En consecuencia, los únicos cálculos realizados corresponden a los expuestos en el apartado de balance de masa y energía, los cuales contemplan la maquinaria a utilizar, sus capacidades operativas y los respectivos gastos asociados al proceso productivo.

2.3.7. Informes técnicos

Dentro de los informes técnicos del presente proyecto se considera la selección del emplazamiento destinado a la instalación de la planta de procesamiento de escoria industrial, junto con sus áreas de apoyo administrativo y operativo. Para dicha elección, se llevó a cabo un proceso de evaluación basado en criterios técnicos y funcionales, enfocados en la factibilidad de operación, accesibilidad y adecuación del recinto para la instalación de maquinaria.

Durante la etapa de evaluación se realizaron revisiones del inmueble y su entorno, con el objetivo de verificar que las condiciones existentes permitieran el correcto desarrollo de las actividades productivas. Los principales aspectos analizados fueron los siguientes:

- a) Condiciones generales de la edificación, considerando su materialidad estructural y estado de conservación.
- b) Características de las vías de acceso, evaluando su aptitud para el ingreso y salida de camiones de transporte de material.
- c) Disponibilidad y disposición de accesos al galpón para la operación y mantenimiento de la maquinaria.

d) Distribución interna del recinto, considerando la factibilidad de instalar los equipos productivos y áreas de acopio.

e) Estado operativo de las redes sanitarias y su compatibilidad con las necesidades básicas de la operación.

f) Condiciones de la instalación eléctrica existente, evaluando su capacidad para alimentar los equipos considerados o la necesidad de adecuaciones menores.

Cabe señalar que, al tratarse de una infraestructura existente arrendada, no se contempla la ejecución de nuevas obras civiles ni ampliaciones estructurales. En consecuencia, no se requiere la elaboración de informes técnicos asociados a estudios de suelo, permisos de edificación, ni cálculos estructurales, sanitarios o eléctricos.

3. CAPÍTULO 3: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

3.1. FUENTES DE FINANCIAMIENTO

El financiamiento del presente proyecto puede estructurarse a través de distintas fuentes, las cuales permiten cubrir la inversión inicial requerida para su implementación y asegurar su viabilidad económica. Entre las principales alternativas de financiamiento se consideran el aporte de capital por parte de inversionistas y el financiamiento mediante préstamos otorgados por entidades financieras.

Financiamiento mediante Inversionistas

Una de las alternativas de financiamiento corresponde a la incorporación de inversionistas, quienes aportan capital propio al proyecto a cambio de una participación en los resultados económicos del mismo. Este tipo de financiamiento permite reducir el nivel de endeudamiento y, por ende, el riesgo financiero asociado al pago de intereses y amortizaciones periódicas.

No obstante, el financiamiento exclusivo mediante inversionistas implica una mayor exigencia en términos de rentabilidad esperada y una eventual pérdida parcial del control del proyecto. Por esta razón, en proyectos productivos de mediana escala, este tipo de financiamiento suele utilizarse de forma complementaria, aportando una fracción del capital necesario para la inversión inicial.

Financiamiento mediante Préstamos de Entidades Bancarias

La alternativa más común y realista para el financiamiento de proyectos productivos corresponde a los préstamos otorgados por entidades bancarias, los cuales permiten acceder a montos significativos de capital bajo condiciones previamente establecidas de plazo y tasa de interés. En el contexto chileno, diversas instituciones financieras, tales como BancoEstado, Banco de Chile, Banco Santander y Banco Itaú, ofrecen créditos de inversión orientados a financiar activos productivos e infraestructura.

3.2. ANTECEDENTES FINANCIEROS

Ya explicadas las fuentes de financiamiento, en el transcurso de la evaluación económica completa se desarrollarán las distintas alternativas para financiar el proyecto con créditos, ya sea con 25%, 50%, 75% de financiamiento por crédito, o bien con capital propio en su totalidad. Se establecerán las condiciones bajo las cuales se realizarán los flujos financieros tales como: horizonte del proyecto, tasa de descuento, etcétera.

3.2.1. Inversiones

El monto por financiar como inversión inicial es de 3.904,36 UF, el cual fue estipulado por el equipo necesario, maquinarias, elementos para puesta en marcha, costos de constitución y formalización, además de un 10% de imprevistos.

Para el financiamiento del monto requerido en este proyecto, se considera un crédito a largo plazo, otorgado por Banco Itaú con una tasa de interés fija anual del 3,39 %, a un plazo de 5 años (60 meses). Esta tasa representa condiciones actuales de financiamiento disponibles en la banca chilena y es utilizada como referencia para evaluar la viabilidad económica del proyecto.

A continuación, se detallan los costos del proyecto, contemplando a detalle cada uno de estos.

| COSTOS DE SERVICIOS | | | |
|----------------------------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------|
| DESCRIPCIÓN | VALOR mensual \$ | VALOR UF MENSUAL | VALOR UF ANUAL |
| Agua | \$25.000 | 0,63 | 7,56 |
| Luz | \$900.000 | 22,67 | 272,01 |
| papelería | \$20.000 | 0,50 | 6,04 |
| Arriendo galpón + casino modular | \$2.711.764 | 68,30 | 819,57 |
| Pack tel. + internet + cable | \$25.000 | 0,63 | 7,56 |
| Charla prevencionista | \$250.000 | 6,30 | 75,56 |
| Ensayos de laboratorio | \$850.000 | 21,41 | 256,90 |
| TOTAL | \$4.781.764 | 120,43 | 1445,19 |

Tabla 3-3. Costos de servicios.

En este punto se destaca el consumo energético, el cual como se mencionó anteriormente pasó de ser monofásico a trifásico, dando así la potencia necesaria para operar, debido al alto consumo de la maquinaria.

Inversión en activos.

La inversión en activos considera la adquisición de los bienes necesarios para asegurar el correcto funcionamiento del proceso productivo y el desarrollo de las operaciones del proyecto. Estos activos corresponden principalmente a maquinaria, equipos y vehículos, los cuales constituyen la base material para la puesta en marcha y continuidad operacional de la empresa. Se detalla en las tablas 3-4 y 3-5.

| INVERSIÓN EN MAQUINARIA | | | | |
|--------------------------------|----------|----------------|---------------------|----------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | TOTAL | TOTAL UF |
| Imán de banda transportadora | 2 | \$1.800.000 | \$3.600.000 | 90,67 |
| Minicontainer BAUER | 6 | \$899.000 | \$5.394.000 | 135,85 |
| Trituradora | 1 | \$8.000.000 | \$8.000.000 | 201,49 |
| Zarandas | 2 | \$1.400.000 | \$2.800.000 | 70,52 |
| Camión | 1 | \$15.000.000 | \$15.000.000 | 377,79 |
| Cintas transportadoras | 1 | \$7.190.000 | \$7.190.000 | 181,09 |
| Bobcat | 1 | \$12.000.000 | \$12.000.000 | 302,23 |
| Total | | | \$53.984.000 | 1359,63 |

Tabla 3-4. Maquinaria.

| INVERSIÓN EN EQUIPOS DE OFICINA | | | | |
|--|----------|----------------|--------------------|--------------|
| DESCRIPCIÓN | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | TOTAL | TOTAL UF |
| Escritorio | 2 | \$57.990 | \$115.980 | 2,92 |
| Sillas | 2 | \$49.990 | \$99.980 | 2,52 |
| Sillón espera | 1 | \$79.990 | \$79.990 | 2,01 |
| PC Portátil | 2 | \$650.000 | \$1.300.000 | 32,74 |
| Impresora EPSON multifuncional | 1 | \$250.000 | \$250.000 | 6,30 |
| Estante de madera | 1 | \$109.990 | \$109.990 | 2,77 |
| Basurero | 1 | \$2.990 | \$2.990 | 0,08 |
| Microondas | 1 | \$45.000 | \$45.000 | 1,13 |
| Extintor ABC 6KG | 1 | \$50.990 | \$50.990 | 1,28 |
| Total | | | \$2.054.920 | 51,75 |

Tabla 3-5. Equipos de oficina.

En consecuencia, la inversión en activos definida permite dar soporte al proceso productivo del proyecto, asegurando su operatividad de acuerdo con los requerimientos técnicos y los volúmenes de producción considerados.

Capital de trabajo.

El capital de trabajo corresponde a los recursos financieros necesarios para cubrir los costos operacionales del proyecto durante su etapa inicial de funcionamiento, antes de que se generen ingresos suficientes por concepto de ventas. Este capital permite asegurar la continuidad de las operaciones, financiando gastos tales como sueldos, servicios básicos, insumos, mantención, transporte y otros costos asociados al proceso productivo. Se detalla en tablas 3-6 y 3-7.

| CAPITAL DE TRABAJO | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Cantidad m3 de escoria | 65 | 55 | 65 | 60 | 55 | 45 | 45 | 55 | 65 | 65 | 65 | 50 |
| | | | | | | | | | | | | |
| Total ingresos | 40,93 | 34,63 | 40,93 | 37,78 | 34,63 | 28,33 | 28,33 | 34,63 | 40,93 | 40,93 | 40,93 | 31,48 |

Tabla 3-6. Capital de trabajo.

A partir del estudio de mercado realizado, y considerando antecedentes de la demanda de áridos en la Región de Valparaíso, se estableció un volumen de ventas anual estimado de 690 m³. Dicho volumen fue distribuido a lo largo de los distintos meses del año, considerando las variaciones estacionales propias del sector de la construcción, caracterizadas por periodos de mayor y menor demanda. No obstante, esta distribución mensual se mantiene en torno al valor promedio de ventas mensuales previamente definido, permitiendo representar de manera realista el comportamiento esperado de las ventas durante el año.

| CAPITAL DE TRABAJO: MÉTODO DEL MÁXIMO DEFICIT ACUMULADO | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------------|---------|---------|---------|---------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Mes | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Total ingresos | 40,93 | 34,63 | 40,93 | 37,78 | 34,63 | 28,33 | 28,33 | 34,63 | 40,93 | 40,93 | 40,93 | 31,48 |
| (-) Costo de Servicio Por Mes | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 | -120,43 |
| (-) Costo Sueldo Fijos Por Mes | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 | -60,45 |
| (-) Costo de Producción | -32,88 | -27,82 | -32,88 | -30,35 | -27,82 | -22,76 | -22,76 | -27,82 | -32,88 | -32,88 | -32,88 | -25,29 |
| Saldo | -172,83 | -174,07 | -172,83 | -173,45 | -174,07 | -175,31 | -175,31 | -174,07 | -172,83 | -172,83 | -172,83 | -174,69 |
| Saldo Acumulado | -172,83 | -346,91 | -519,74 | -693,19 | -867,26 | -1042,57 | -1217,88 | -1391,95 | -1564,79 | -1737,62 | -1910,46 | -2085,15 |
| CAPITAL DE TRABAJO | -2085,15 | | | | | | | | | | | |

Tabla 3-7. Método del máximo déficit acumulado.

A partir del método del máximo déficit acumulado, se determina que el proyecto presenta déficits de caja durante todo el período analizado, alcanzando su mayor valor negativo al final del año de operación. En consecuencia, el capital de trabajo requerido corresponde al valor del déficit acumulado máximo, el cual permite cubrir las necesidades financieras del proyecto y asegurar la continuidad operacional durante la etapa inicial.

Este resultado refleja las limitaciones económicas propias de una operación desarrollada a escala piloto, evidenciando la necesidad de mayores volúmenes de producción o mejoras en la estructura de costos para alcanzar condiciones de mayor sostenibilidad financiera.

Costos puesta en marcha (formalización).

Para la constitución legal de la sociedad se considera un costo aproximado de \$600.000, monto que incluye asesoría legal y administrativa, gastos notariales asociados a la escritura de constitución, publicación en el Diario Oficial, inscripción en el Registro de Comercio y trámites iniciales ante el Servicio de Impuestos Internos. Este valor corresponde a un estimado acorde a los costos vigentes para la formalización de una empresa en Chile. Se detalla en tabla 3-8.

| CONSTITUCIÓN DE LA SOCIEDAD | | |
|--|-------------------|--------------|
| Descripción | Valor | UF |
| Asesoría legal y administrativa | \$ 300.000 | 7,56 |
| Escritura de constitución (notaría) | \$ 140.000 | 3,53 |
| Publicación en Diario Oficial | \$ 80.000 | 2,01 |
| Inscripción en el Registro de Comercio | \$ 50.000 | 1,26 |
| Inicio de actividades y trámites SII | \$ 30.000 | 0,76 |
| TOTAL | \$ 600.000 | 15,11 |

Tabla 3-8. Costos de formalización.

Para la constitución legal de la sociedad se considera un costo aproximado de \$600.000, monto que incluye asesoría legal y administrativa, gastos notariales asociados a la escritura de constitución, publicación en el Diario Oficial, inscripción en el Registro de Comercio y trámites iniciales ante el Servicio de Impuestos Internos.

Adicionalmente, se contempla una inversión inicial en marketing por un monto estimado de \$1.500.000, destinada a apoyar el posicionamiento y difusión del proyecto en su etapa de puesta en marcha. Este presupuesto considera el diseño de imagen corporativa, desarrollo de material gráfico y publicitario, implementación de presencia digital (sitio web y redes sociales), difusión dirigida a potenciales clientes del rubro de la construcción, y acciones comerciales iniciales orientadas a dar a conocer el producto y generar los primeros vínculos comerciales. Ambos costos nos suman un total de 52,89 UF.

Resumen general.

A continuación, se presenta la tabla resumen de la inversión inicial del proyecto, en la cual se consolidan todos los gastos asociados a la puesta en marcha de la empresa. Esta inversión considera la adquisición de activos fijos, los costos de formalización legal, la inversión en marketing, así como otros desembolsos necesarios para el inicio de las operaciones. Los valores expuestos permiten visualizar de manera integrada el monto total requerido para implementar el proyecto bajo los supuestos definidos en el estudio.

| INVERSIÓN INICIAL | VALOR UF |
|--------------------------------|-----------------|
| CAPITAL DE TRABAJO | 2085,15 |
| PUESTA EN MARCHA | 52,89 |
| INVERSIÓN DE ACTIVOS | 1411,38 |
| INVERSIÓN INICIAL | 3549,42 |
| IMPREVISTOS (10%) | 354,94 |
| TOTAL INVERSIÓN INICIAL | 3904,36 |

Tabla 3-9. Resumen de inversión inicial.

En consecuencia, la tabla resumen de inversión inicial presentada permite justificar el monto total a financiar señalado al comienzo del presente capítulo, el cual se sustenta en la suma de los costos y los desembolsos necesarios para iniciar la operación del proyecto bajo los supuestos establecidos.

3.2.2. Instituciones bancarias

Para este proyecto se opta por la opción financiera entregada por el Banco Itaú, considerando un préstamo a 5 años de plazo, con una tasa de interés del 3,39% para un monto total de 3.904,36 UF. Esta alternativa permite analizar las distintas opciones de

financiamiento correspondientes al 25%, 50% y 75% del monto total del proyecto. Asimismo, se considera la aplicación de depreciación acelerada y una tasa de descuento del 14%.

Financiamiento de un 25% del proyecto

Calculando el 25% de 3.904,36 UF que viene siendo nuestro monto inicial de inversión, nos da como resultado el valor de 976,09 UF, considerando una amortización variable y las cuotas serán iguales a 215,51 UF.

| | |
|---------|--------|
| PMT | 215,51 |
| Interés | 3,39% |

| Amortización | 25% | | | | | |
|---------------------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| N° de periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Principal (deuda) | 976,09 | 793,67 | 605,06 | 410,06 | 208,45 | 0,00 |
| Amortización | | 182,42 | 188,61 | 195,00 | 201,61 | 208,45 |
| Interés | | 33,09 | 26,91 | 20,51 | 13,90 | 7,07 |
| Cuota o pago | | 215,51 | 215,51 | 215,51 | 215,51 | 215,51 |

Tabla 3-10. Préstamo a largo plazo con 25% de financiamiento.

Financiamiento de un 50% del proyecto

Calculando el 50% de 3.904,36 UF que viene siendo nuestro monto inicial de inversión, nos da como resultado el valor de 1.952,18 UF, considerando una amortización variable y las cuotas serán iguales a 431,03 UF.

| | |
|---------|--------|
| PMT | 431,03 |
| Interés | 3,39% |

| Amortización | | 50% | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|--------|--------|--------|
| N° de periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Principal (deuda) | 1952,18 | 1587,34 | 1210,12 | 820,12 | 416,89 | 0,00 |
| Amortización | | 364,85 | 377,22 | 390,00 | 403,22 | 416,89 |
| Interés | | 66,18 | 53,81 | 41,02 | 27,80 | 14,13 |
| Cuota o pago | | 431,03 | 431,03 | 431,03 | 431,03 | 431,03 |

Tabla 3-11. Préstamo a largo plazo con 50% de financiamiento.

Financiamiento de un 75% del proyecto

Calculando el 75% de 3.904,36 UF que viene siendo nuestro monto inicial de inversión, nos da como resultado el valor de 2.928,27 UF, considerando una amortización variable y las cuotas serán iguales a 646,54 UF.

| | |
|---------|--------|
| PMT | 646,54 |
| Interés | 3,39% |

| Amortización | | 75% | | | | |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| N° de periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Principal (deuda) | 2928,27 | 2381,00 | 1815,18 | 1230,18 | 625,34 | 0,00 |
| Amortización | | 547,27 | 565,82 | 585,00 | 604,84 | 625,34 |
| Interés | | 99,27 | 80,72 | 61,53 | 41,70 | 21,20 |
| Cuota o pago | | 646,54 | 646,54 | 646,54 | 646,54 | 646,54 |

Tabla 3-12. Préstamo a largo plazo con 75% de financiamiento.

3.2.3. Moneda a utilizar

La moneda a utilizar para la evaluación económica del proyecto es en unidad de fomento correspondiente al día lunes 29 de diciembre de 2025, la cual tiene un valor de **\$39.704,93**.

3.2.4. Depreciaciones

A continuación, se presenta la tabla de depreciaciones del proyecto, la cual considera la pérdida de valor de los activos producto de su uso operativo y del paso del tiempo. Las vidas útiles asignadas fueron definidas según la tabla oficial de vida útil de bienes físicos del activo inmovilizado publicada por el Servicio de Impuestos Internos (SII), asegurando coherencia con la normativa vigente.

| Activos depreciables | Compra | Vida util | T | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | VL | Valor venta | Vta - VL |
|--------------------------------|----------------|-----------|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------|---------------|---------------|
| Camión | 377,79 | 7 | 2 | 188,89 | 188,89 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 245,56 | 245,56 |
| Escritorio | 2,92 | 7 | 2 | 1,46 | 1,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,17 | 1,17 |
| Sillas | 2,52 | 7 | 2 | 1,26 | 1,26 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,01 | 1,01 |
| Impresora | 6,30 | 3 | 3 | 2,10 | 2,10 | 2,10 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 2,52 | 2,52 |
| Estante de madera | 2,77 | 7 | 2 | 1,39 | 1,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,11 | 1,11 |
| Computadores | 32,74 | 6 | 2 | 16,37 | 16,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 16,37 | 16,37 |
| Sillón de espera | 2,01 | 7 | 2 | 1,01 | 1,01 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,81 | 0,81 |
| Microondas | 1,13 | 9 | 3 | 0,38 | 0,38 | 0,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,45 |
| Extintor | 1,28 | 3 | 3 | 0,43 | 0,43 | 0,43 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,51 | 0,51 |
| Imanes de banda transportadora | 90,67 | 15 | 5 | 18,13 | 18,13 | 18,13 | 18,13 | 18,13 | 0,00 | 54,40 | 54,40 |
| Minicontainer BAUER | 135,85 | 7 | 2 | 67,93 | 67,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 81,51 | 81,51 |
| Trituradora | 201,49 | 15 | 5 | 40,30 | 40,30 | 40,30 | 40,30 | 40,30 | 0,00 | 120,89 | 120,89 |
| Zarandas | 70,52 | 15 | 5 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 14,10 | 0,00 | 42,31 | 42,31 |
| Bobcat | 302,23 | 15 | 5 | 60,45 | 60,45 | 60,45 | 60,45 | 60,45 | 0,00 | 196,45 | 196,45 |
| Cintas transportadoras | 181,09 | 15 | 5 | 36,22 | 36,22 | 36,22 | 36,22 | 36,22 | 0,00 | 108,65 | 108,65 |
| TOTAL | 1411,31 | | - | 450,41 | 450,41 | 172,10 | 169,20 | 169,20 | 0,00 | 873,72 | 873,72 |

Tabla 3-13. Depreciación de bienes.

Finalmente, cabe señalar que en la tabla de depreciaciones el parámetro **T** corresponde al período de depreciación, mientras que **VL** representa el valor libro del activo al final de cada período de análisis.

3.2.5. VAN, TIR y PRI

Para la determinación de la rentabilidad del proyecto se usarán indicadores económicos tales como: Valor actual neto (VAN), Tasa interna de retorno (TIR) y Periodo de recuperación de la inversión (PRI), correspondiente a cada flujo de caja, ya sea para el proyecto puro, como para los diferentes financiamientos, que van desde el 25%, 50% hasta llegar al 75%.

Dependiendo del resultado entregado para cada uno, podremos evaluar si el proyecto es o no viable, y determinar cual es la mejor opción para financiar el proyecto.

3.2.6. Tasa de descuento y horizonte del proyecto

La tasa de descuento representa el costo de oportunidad del capital y se utiliza para actualizar los flujos de caja futuros, considerando el riesgo del proyecto. Esta se determina como la suma de la prima mínima de riesgo (0,36%), la tasa de interés del financiamiento bancario y un porcentaje adicional de riesgo según el tipo de proyecto, cuyo detalle se presenta en la siguiente tabla.

| Nivel de riesgo | Prima por riesgo (%) | Ejemplos de proyectos |
|-----------------|----------------------|---|
| Alto | Sobre 20% | Proyectos con conceptos novedosos Contratos internacionales Desarrollo de nuevos proyectos |
| Medio | 10% - 20% | Proyectos nuevos que no han sido completamente investigados Productos que el mercado no conoce bien Datos de mercado, productos, insumos, no aprobados |
| Promedio | 5% - 10% | Proyectos del campo actual de la empresa pero con algunos conceptos nuevos Incremento de la capacidad de producción Implementación de tecnología conocida |
| Bajo | 1% - 5% | Mejoramiento de la productividad Expansiones en un mercado donde es líder y lo conoce bien |
| Muy bajo | 0% - 1% | Reducción de costos Proyectos relativos de seguridad |

Tabla 3-14. Nivel de riesgo.

Dada la naturaleza del proyecto, el cual presenta un producto principal poco explorado aún en el mercado, se establecerá una prima de riesgo de 10%.

La tasa de descuento quedará definida por:

Tasa de descuento (R): 0,36% + 3,39% + 10%

R: 14%

Para las características del proyecto, se estableció un horizonte de cinco años, debido a la escala piloto en el cual se estudió para su prefactibilidad.

3.3. EVALUACIÓN ECONÓMICA

3.3.1. Proyecto puro sin financiamiento

Se evaluará el proyecto sin ningún tipo de financiamiento, solo con capital propio. Los resultados obtenidos en este primer flujo de caja para el proyecto se dan a conocer por medio de los indicadores tales como el VAN, TIR y PRI.

| | Periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|-----------------------|---|----------|----------|----------|----------|-----------|
| + | ingresos | | 434,45 | 451,83 | 469,91 | 488,70 | 508,25 |
| - | Costos | | -2519,60 | -2533,57 | -2548,09 | -2563,19 | -2578,89 |
| = | Utilidad | | -2085,15 | -2081,73 | -2078,18 | -2074,49 | -2070,64 |
| - | Intereses LP | | | | | | |
| - | Intereses CP | | | -70,69 | -143,65 | -218,97 | -296,72 |
| - | Depreciación | | -450,41 | -450,41 | -172,10 | -169,20 | -169,20 |
| - | | | | | | | |
| /+ | Dif x Vta de Act a VL | | | | | | 873,72 |
| - | Pérd de Ejerc Ant | | | -2535,55 | -5138,38 | -7532,31 | -9994,97 |
| = | Utilidad ant de Impto | | -2535,55 | -5138,38 | -7532,31 | -9994,97 | -11657,81 |
| - | Impto 27% | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| = | Utilidad desp Impto | | -2535,55 | -5138,38 | -7532,31 | -9994,97 | -11657,81 |
| + | Pérd de Ejerc Ant | | | 2535,55 | 5138,38 | 7532,31 | 9994,97 |
| + | Depreciación | | 450,41 | 450,41 | 172,10 | 169,20 | 169,20 |
| - | Amort LP | | | | | | |

| | | | | | | | |
|---|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| - | Amort CP | | | -2085,15 | -4237,57 | -6459,40 | -8752,86 |
| + | Vta Act VL | | | | | | 0,00 |
| - | K de Trabajo | -1976,36 | | | | | 1976,36 |
| - | Pta en Marcha | -52,89 | | | | | |
| - | Inversión en Act | -1411,38 | | | | | |
| - | Imprevisto | -354,94 | | | | | |
| = | Total Anual | -3795,58 | -2085,15 | -4237,57 | -6459,40 | -8752,86 | -8270,14 |
| + | Créditos LP | | | | | | |
| + | Créditos CP | | 2085,15 | 4237,57 | 6459,40 | 8752,86 | |
| = | Flujo Neto | -3795,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -8270,14 |
| | Flujo N. Act | -3795,58 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4343 |
| | Flujo N.Acum | -3795,58 | -3795,58 | -3795,58 | -3795,58 | -3795,58 | -8138,24 |

| | |
|-----|----------|
| VAN | -8138,24 |
| PRI | NO |
| TIR | - |

Tabla 3-15. Flujo de caja sin financiamiento.

3.3.2. Proyecto financiado en un 25%

Se evaluará el proyecto financiado por Banco Itaú en un 25% del costo total de la inversión, con una tasa de interés del 3,39% en un plazo de 5 años.

| | Periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|-----------------------|---|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| + | ingresos | | 434,45 | 451,83 | 469,91 | 488,70 | 508,25 |
| - | Costos | | -2519,60 | -2533,57 | -2548,09 | -2563,19 | -2578,89 |
| = | Utilidad | | -2085,15 | -2081,73 | -2078,18 | -2074,49 | -2070,64 |
| - | Intereses LP | | -33,09 | -26,91 | -20,51 | -13,90 | -7,07 |
| - | Intereses CP | | | -77,99 | -158,51 | -241,64 | -327,47 |
| - | Depreciación | | -450,41 | -450,41 | -172,10 | -169,20 | -169,20 |
| - | | | | | | | |
| /+ | Dif x Vta de Act a VL | | | | | | 873,72 |
| - | Pérd de Ejerc Ant | | | -2568,64 | -5205,68 | -7634,98 | -10134,21 |
| = | Utilidad ant de Impto | | -2568,64 | -5205,68 | -7634,98 | -10134,21 | -11834,86 |
| - | Impto 27% | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| = | Utilidad desp Impto | | -2568,64 | -5205,68 | -7634,98 | -10134,21 | -11834,86 |
| + | Pérd de Ejerc Ant | | | 2568,64 | 5205,68 | 7634,98 | 10134,21 |
| + | Depreciación | | 450,41 | 450,41 | 172,10 | 169,20 | 169,20 |

| | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| - | Amort LP | | -182,42 | -188,61 | -195,00 | -201,61 | -208,45 |
| - | Amort CP | | | -2300,66 | -4675,90 | -7128,10 | -9659,75 |
| + | Vta Act VL | | | | | | 0,00 |
| - | K de Trabajo | -2085,15 | | | | | 2085,15 |
| - | Pta en Marcha | -52,89 | | | | | |
| - | Inversión en Act | -1411,38 | | | | | |
| - | Imprevisto | -354,94 | | | | | |
| = | Total Anual | -3904,36 | -2300,66 | -4675,90 | -7128,10 | -9659,75 | -9314,49 |
| + | Créditos LP | 976,09 | | | | | |
| + | Créditos CP | | 2300,66 | 4675,90 | 7128,10 | 9659,75 | |
| = | Flujo Neto | -2928,27 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -9314,49 |
| | Flujo N. Act | -2928,27 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4891 |
| | Flujo N.Acum | -2928,27 | -2928,27 | -2928,27 | -2928,27 | -2928,27 | -7819,33 |

| | |
|-----|----------|
| VAN | -7819,33 |
| PRI | NO |
| TIR | - |

Tabla 3-16. Flujo de caja con 25% de financiamiento.

3.3.3. Proyecto financiado en un 50%

Se evaluará el proyecto financiado por Banco Itaú en un 50% del costo total de la inversión, con una tasa de interés del 3,39% en un plazo de 5 años.

| | Periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----|------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| + | ingresos | | 434,45 | 451,83 | 469,91 | 488,70 | 508,25 |
| - | Costos | | -2519,60 | -2533,57 | -2548,09 | -2563,19 | -2578,89 |
| = | Utilidad | | -2085,15 | -2081,73 | -2078,18 | -2074,49 | -2070,64 |
| - | Intereses LP | | -66,18 | -53,81 | -41,02 | -27,80 | -14,13 |
| - | Intereses CP | | | -85,30 | -173,37 | -264,31 | -358,21 |
| - | Depreciación | | -450,41 | -450,41 | -172,10 | -169,20 | -169,20 |
| - | | | | | | | |
| /+ | Dif x Vta de Act a VL | | | | | | 873,72 |
| - | Pérd de Ejerc Ant | | | -2601,73 | -5272,98 | -7737,66 | -10273,45 |
| = | Utilidad ant de Impto | | -2601,73 | -5272,98 | -7737,66 | -10273,45 | -12011,91 |
| - | Impto 27% | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| = | Utilidad desp Impto | | -2601,73 | -5272,98 | -7737,66 | -10273,45 | -12011,91 |
| + | Pérd de Ejerc Ant | | | 2601,73 | 5272,98 | 7737,66 | 10273,45 |

| | | | | | | | |
|---|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| + | Depreciación | | 450,41 | 450,41 | 172,10 | 169,20 | 169,20 |
| - | Amort LP | | -364,85 | -377,22 | -390,00 | -403,22 | -416,89 |
| - | Amort CP | | | -2516,17 | -5114,23 | -7796,81 | -10566,63 |
| + | Vta Act VL | | | | | | 0,00 |
| - | K de Trabajo | -2085,15 | | | | | 2085,15 |
| - | Pta en Marcha | -52,89 | | | | | |
| - | Inversión en Act | -1411,38 | | | | | |
| - | Imprevisto | -354,94 | | | | | |
| = | Total Anual | -3904,36 | -2516,17 | -5114,23 | -7796,81 | -10566,63 | -10467,64 |
| + | Créditos LP | 1952,18 | | | | | |
| + | Créditos CP | | 2516,17 | 5114,23 | 7796,81 | 10566,63 | |
| = | Flujo Neto | -1952,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -10467,64 |
| | Flujo N. Act | -1952,18 | 0 | 0 | 0 | 0 | -5497 |
| | Flujo N.Acum | -1952,18 | -1952,18 | -1952,18 | -1952,18 | -1952,18 | -7448,75 |

| | |
|-----|----------|
| VAN | -7448,75 |
| PRI | NO |
| TIR | - |

Tabla 3-17. Flujo de caja 50% de financiamiento.

3.3.4. Proyecto financiado en un 75%

Se evaluará el proyecto financiado por Banco Itaú en un 75% del costo total de la inversión, con una tasa de interés del 3,39% en un plazo de 5 años.

| Periodos | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|----------|------------------------------|---|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|
| + | ingresos | | 434,45 | 451,83 | 469,91 | 488,70 | 508,25 |
| - | Costos | | -2519,60 | -2533,57 | -2548,09 | -2563,19 | -2578,89 |
| = | Utilidad | | -2085,15 | -2081,73 | -2078,18 | -2074,49 | -2070,64 |
| - | Intereses LP | | -99,27 | -80,72 | -61,53 | -41,70 | -21,20 |
| - | Intereses CP | | | -92,60 | -188,23 | -286,98 | -388,95 |
| - | Depreciación | | -450,41 | -450,41 | -172,10 | -169,20 | -169,20 |
| - | | | | | | | |
| /+ | Dif x Vta de Act a VL | | | | | | 873,72 |
| - | Pérd de Ejerc Ant | | | -2634,82 | -5340,28 | -7840,33 | -10412,70 |
| = | Utilidad ant de Impto | | -2634,82 | -5340,28 | -7840,33 | -10412,70 | -12188,96 |

| | | | | | | | |
|---|---------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| - | Impto 27% | | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| = | Utilidad desp Impto | | -2634,82 | -5340,28 | -7840,33 | -10412,70 | -12188,96 |
| + | Pérd de Ejerc Ant | | | 2634,82 | 5340,28 | 7840,33 | 10412,70 |
| + | Depreciación | | 450,41 | 450,41 | 172,10 | 169,20 | 169,20 |
| - | Amort LP | | -547,27 | -565,82 | -585,00 | -604,84 | -625,34 |
| - | Amort CP | | | -2731,69 | -5552,56 | -8465,51 | -11473,52 |
| + | Vta Act VL | | | | | | 0,00 |
| - | K de Trabajo | -2085,15 | | | | | 2085,15 |
| - | Pta en Marcha | -52,89 | | | | | |
| - | Inversión en Act | -1411,38 | | | | | |
| - | Imprevisto | -354,94 | | | | | |
| = | Total Anual | -3904,36 | -2731,69 | -5552,56 | -8465,51 | -11473,52 | -11620,78 |
| + | Créditos LP | 2928,27 | | | | | |
| + | Créditos CP | | 2731,69 | 5552,56 | 8465,51 | 11473,52 | |
| = | Flujo Neto | -976,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -11620,78 |
| | Flujo N. Act | -976,09 | 0 | 0 | 0 | 0 | -6102 |
| | Flujo N.Acum | -976,09 | -976,09 | -976,09 | -976,09 | -976,09 | -7078,18 |

| | |
|-----|----------|
| VAN | -7078,18 |
| PRI | NO |
| TIR | - |

Tabla 3-18. Flujo de caja con 75% de financiamiento.

3.3.5. Análisis y comparación de los flujos de cajas

En este apartado se presenta la tabla resumen de los indicadores financieros obtenidos para cada uno de los flujos de caja evaluados. En ella se exponen el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el Periodo de Recuperación de la Inversión (PRI), los cuales permiten comparar y analizar el desempeño económico del proyecto bajo los distintos escenarios considerados.

| | PURO | 25% | 50% | 75% |
|------------|-------------|------------|------------|------------|
| VAN | -8138,24 | -7819,33 | -7448,75 | -7078,18 |
| PRI | NO | NO | NO | NO |
| TIR | - | - | - | - |

Tabla 3-19. Resumen.

De acuerdo con los resultados presentados, se observa que en todos los escenarios evaluados el Valor Actual Neto (VAN) resulta negativo, no se alcanza un periodo de recuperación de la inversión (PRI) dentro del horizonte de evaluación y no se obtiene una Tasa Interna de Retorno (TIR) representativa. Esto indica que, bajo las condiciones técnicas, operacionales y económicas definidas para el presente estudio, el proyecto no logra generar retornos suficientes para cubrir la inversión inicial y el costo de capital considerado.

No obstante, estos resultados permiten identificar de manera clara las principales restricciones económicas del proyecto a escala piloto, así como evidenciar la sensibilidad de la rentabilidad frente al nivel de financiamiento y a los costos operacionales. En este sentido, el estudio entrega una base técnica y económica relevante para evaluar eventuales mejoras, ajustes de escala, optimización de procesos o incorporación de nuevas fuentes de financiamiento que podrían permitir, en una etapa futura, avanzar hacia un escenario económicamente viable.

3.4. ANÁLISIS DE SENSIBILIZACIÓN

El análisis de sensibilidad tiene por objetivo evaluar el impacto que presentan las principales variables del proyecto sobre sus resultados económicos, particularmente sobre el Valor Actual Neto (VAN). Dado que el proyecto corresponde a una iniciativa de carácter piloto y presenta indicadores de rentabilidad negativos en el escenario base, este análisis no

busca demostrar rentabilidad inmediata, sino identificar las variables críticas que influyen de manera más significativa en el desempeño económico del proyecto.

Para efectos del análisis, se seleccionaron aquellas variables que poseen mayor incidencia en los flujos de caja, específicamente el precio de venta del metro cúbico de escoria procesada y el volumen anual de ventas. Estas variables se consideran altamente sensibles, ya que dependen directamente de las condiciones del mercado, de la demanda regional y de la escala de operación definida para el proyecto.

El análisis se realizó mediante la modificación independiente de cada una de estas variables, considerando variaciones porcentuales positivas y negativas respecto del escenario base, manteniendo constantes el resto de los parámetros económicos del proyecto. De esta forma, se evaluó el efecto directo de dichas variaciones sobre el VAN, permitiendo observar el comportamiento del proyecto frente a cambios razonables en sus condiciones de operación.

Los resultados obtenidos indican que, si bien un aumento en el precio de venta y en el volumen de ventas genera una mejora progresiva en el VAN, este no alcanza valores positivos dentro de los rangos evaluados. No obstante, se evidencia que el proyecto presenta una alta sensibilidad frente al volumen de ventas, lo que confirma que la escala de producción es un factor determinante en su viabilidad económica.

En consecuencia, el análisis de sensibilidad permite concluir que la principal limitante económica del proyecto no corresponde a deficiencias técnicas del proceso productivo ni a la calidad del producto obtenido, sino a la reducida escala de operación propia de una etapa piloto. Bajo un escenario de mayor capacidad productiva, incremento en los volúmenes de venta y generación de economías de escala, el proyecto presenta un potencial de mejora en sus indicadores financieros, lo que lo posiciona como una alternativa susceptible de ser desarrollada a mayor escala mediante la incorporación de mayor inversión o participación de nuevos actores.

CONCLUSIONES

El presente trabajo abordó la evaluación de la valorización de escoria industrial generada por la ex Fundición Codelco Ventanas, considerando su procesamiento y uso como árido alternativo para la construcción en la Región de Valparaíso. El estudio se desarrolló bajo un enfoque de proyecto piloto, con una escala productiva limitada y una estructura operativa ajustada a dicha condición.

Desde el punto de vista técnico, se concluye que la escoria industrial, luego de ser sometida a procesos de trituración, separación magnética y clasificación granulométrica, presenta características adecuadas para su utilización en aplicaciones viales, principalmente en capas de base y subbase, así como en obras pavimentadas. Su comportamiento mecánico permite validar su uso como sustituto parcial de áridos naturales en este tipo de soluciones, aportando además a la reducción de residuos industriales y al aprovechamiento de materiales actualmente subutilizados.

En relación con la evaluación económica, los resultados obtenidos indican que el proyecto, en la escala analizada, no alcanza rentabilidad financiera dentro del horizonte de evaluación considerado. Los indicadores económicos calculados reflejan un Valor Actual Neto negativo, ausencia de Tasa Interna de Retorno y la no recuperación de la inversión inicial, lo que evidencia que la iniciativa no es viable económicamente en su etapa inicial bajo las condiciones planteadas.

El análisis evidencia que la principal limitante del proyecto es el bajo volumen de producción y ventas considerado en la etapa piloto, lo que restringe su viabilidad. No obstante, la valorización de escoria industrial presenta potencial de desarrollo si se ejecuta a mayor escala, con costos optimizados y apoyo de financiamiento o alianzas estratégicas.

Finalmente, se concluye que el proyecto es técnicamente factible y ambientalmente favorable, al promover la valorización de escoria industrial y la reducción de pasivos ambientales. No obstante, en su configuración actual y a la escala analizada, no resulta económicamente viable, quedando como una base técnica para futuras evaluaciones o desarrollos a mayor escala.

En síntesis, a esta escala el proyecto **no** es recomendable desde el punto de vista económico.

BIBLIOGRAFÍA

ANEFA (2011). Definiciones y características de los áridos. Asociación Nacional de Empresarios de Áridos. Disponible en: <http://www.aridos.org>

Baca, G. (1990). Evaluación de Proyectos: Análisis y Administración del Riesgo. Editorial McGraw-Hill, México.

Programa Construye 2025 (2022). Hoja de Ruta para la Construcción Sustentable. Corporación de Fomento de la Producción (CORFO), Gobierno de Chile. Disponible en: <https://www.construye2025.cl>

CChC (Cámara Chilena de la Construcción) (2022). Informe de Macroeconomía y Construcción. Santiago, Chile.

Codelco Chile (2020). Gestión de residuos y subproductos industriales. Corporación Nacional del Cobre de Chile.

Figueroa, R. (2000). Régimen legal de la extracción de áridos. Editorial Jurídica de Chile.

Ministerio de Obras Públicas, MOP (2003). Manual de Carreteras, Volumen N°9: Estudios y criterios ambientales en proyectos viales. Dirección de Vialidad, Chile.

Ministerio de Obras Públicas, MOP (2018). Manual de Carreteras, Volumen N°5: Especificaciones técnicas generales. Dirección de Vialidad, Chile.

Servicio de Impuestos Internos, SII (2024). Tablas de vida útil y depreciación de bienes del activo fijo. Disponible en: <https://www.sii.cl>

Servicio de Evaluación Ambiental, SEA (2021). Guía para la gestión de residuos industriales. Gobierno de Chile.

Norma Chilena NCh163.Of2009. Áridos para morteros y hormigones – Requisitos generales. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

Norma Chilena NCh1516/1. Of2010. Ensayo de desgaste Los Ángeles. Instituto Nacional de Normalización, Chile.

ANEXOS

ANEXO 1: COTIZACIONES

Maquinaria industrial exportada desde el extranjero, los valores usados para cálculos en estudio económico ya incluyen el costo agregado de envío y logística según corresponda.



JXRVS-400-1S Rotary Vibrating Sieve Screen

Material

SS304

Quantity

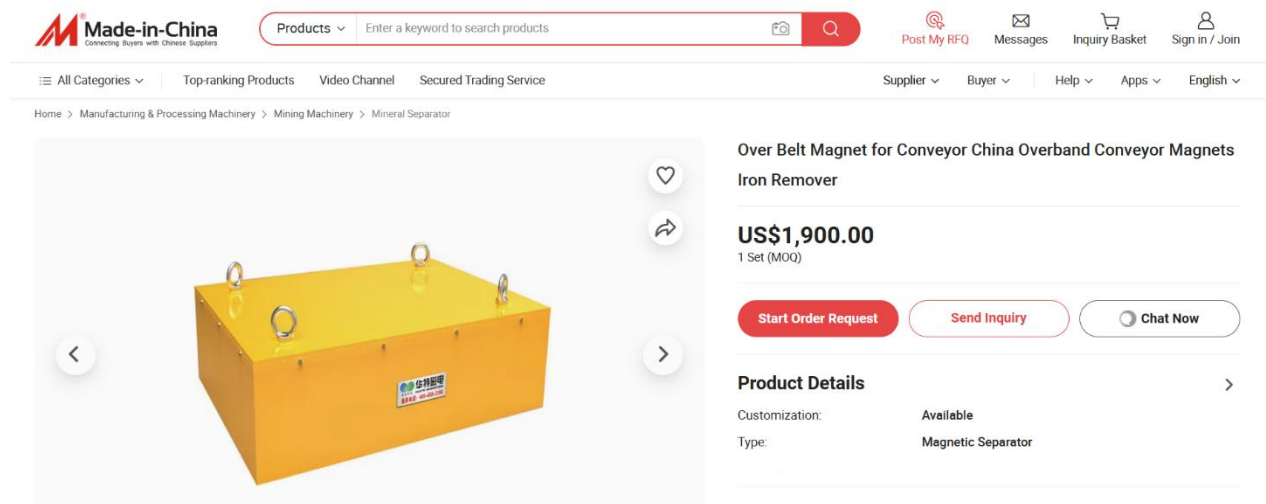
- 1 +

Respond to your needs within 10 minutes.
ASME/ CE/ TUV/ SGS/ BV Certification

\$1,524.00

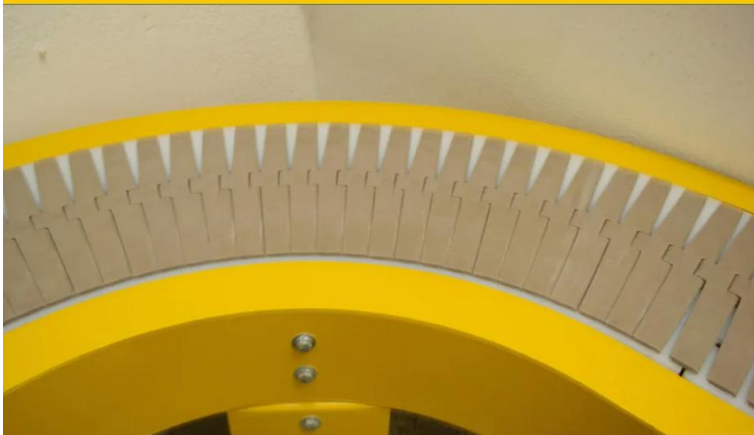
Contact us to Get **Special Prices** for you!

Zaranda vibradora – zona de cribado.



The screenshot shows a product page on a B2B platform. At the top left is the 'Made-in-China' logo with the tagline 'Connecting Buyers with Chinese Suppliers'. A search bar contains the text 'Products' and 'Enter a keyword to search products'. Navigation links include 'All Categories', 'Top-ranking Products', 'Video Channel', 'Secured Trading Service', 'Supplier', 'Buyer', 'Help', 'Apps', and 'English'. The main product image is a yellow rectangular magnet with four lifting rings. To the right of the image are icons for heart, share, and zoom. The product title is 'Over Belt Magnet for Conveyor China Overband Conveyor Magnets Iron Remover'. The price is 'US\$1,900.00' for '1 Set (MOQ)'. There are three buttons: 'Start Order Request', 'Send Inquiry', and 'Chat Now'. Below the image, the 'Product Details' section shows 'Customization: Available' and 'Type: Magnetic Separator'.

Imán de banda transportadora – zona de alimentación.



Bandas Transportadoras Industriales

Inicio > Productos > **Bandas Transportadoras**

Las **Bandas Transportadoras Industriales COLDESA** son un sistema continuo para optimizar la producción, ahorrar mano de obra y transportar rápidamente elementos. Por lo tanto, fabricamos transportadores de banda para uso ligero y pesado, también se diseñan para material granulado, agrícolas, industriales, etc.

Además, cada uno con especificaciones y requerimientos particulares, que optimizan los procesos de cada compañía.

He de destacar que las cintas transportadoras son a pedido específico según metros requeridos, los valores utilizados corresponden a valores referenciales publicados de cintas con características similares.



EN 2 CARROS DE COMPRAS



2 

PE200*300 Trituradora de mandíbula móvil con cinta transportadora, pequeña trituradora de mandíbula móvil de grava

[mostrar título original](#)

chinagoods (1)
100% positivos [Otros artículos del vendedor](#)
[Contactar al vendedor](#)

US \$7 880.00
Aproximadamente CLP \$7 143 692.80
o Mejor oferta

Estado: **Nuevo** ⓘ

Cantidad: 2 disponibles

[¡Cómpralo ahora!](#)

[Agregar al carro de compras](#)

[Hacer oferta](#)

Trituradora – zona de chancado.



Minicontenedor BAUER MSB 400 con bisagras, pintado de color amarillo-naranja 4417-12-0000-1

Código: T-1482270

700,92 € (sin IVA, sin gastos de envío)

882,01 € – Precio de venta recomendado

Contenedor – zona de acopio.

ANEXO 2: DESGLOSE DE GASTO EN COMBUSTIBLE

| Supuestos generales | | |
|----------------------------|---------------|--------------|
| Concepto | Unidad | Valor |
| Precio combustible | \$/Litro | \$ 1.300 |
| Días de operación al mes | Día | 22 |

GASTO DEL CAMIÓN

| Consumo mensual del camión | | |
|-----------------------------------|---------------|--------------|
| Concepto | Unidad | Valor |
| Distancia ida | Km | 35 |
| Distancia ida y vuelta diaria | Km | 70 |
| Rendimiento camión | Km/L | 5 |
| Viajes diarios | Gl | 1 |
| Días de operación mensual | Día | 22 |
| Litros consumidos por día | Litro | 14 |
| Litros consumidos por mes | Litro | 308 |
| Precio combustible | \$/L | \$ 1.300 |
| Costo mensual camión | \$ | \$ 400.400 |

GASTO DEL BOBCAT

| Consumo mensual del Bobcat | | |
|-----------------------------------|---------------|--------------|
| Concepto | Unidad | Valor |
| Consumo Bobcat | L/Hr | 4 |
| Horas de uso diario | Hr | 3 |
| Días de operación mensual | Día | 22 |
| Litros consumidos por día | L | 12 |
| Litros consumidos por mes | L | 264 |
| Precio combustible | \$/L | \$ 1.300 |
| Costo mensual Bobcat | \$ | \$ 343.200 |

La suma de ambos nos da el aproximado de \$750.00 a \$790.000 mensual, sujeto a la constante variación en el precio de combustible.

ANEXO 3: ENSAYOS

Abrasión en Los Ángeles

Descripción general

La prueba de abrasión de Los Ángeles (LA) (Figura 1) es un método de prueba común para determinar la tenacidad y las características de abrasión de los agregados. Las características de abrasión de los agregados son importantes porque el agregado que constituye el HMA debe resistir el aplastamiento, la degradación y la desintegración para producir un HMA de alta calidad.



Figura 1: Equipo de prueba de abrasión LA.

La prueba de abrasión estándar LA somete una muestra de agregado grueso (retenida en el tamiz N° 12 (1,70 mm)) a abrasión, impacto y molienda en un tambor de acero giratorio que contiene una cantidad específica de esferas de acero.

Tras someterse al tambor giratorio, el peso del árido retenido en un tamiz n.º 12 (1,70 mm) se resta del peso original para obtener un porcentaje del peso total del árido que se ha descompuesto y ha pasado por dicho tamiz. Por lo tanto, un valor de pérdida por abrasión LA de 40 indica que el 40 % de la muestra original pasó por el tamiz n.º 12 (1,70 mm).

La prueba de abrasión estándar de Los Ángeles es:

- AASHTO T 96 o ASTM C 131: Resistencia a la degradación de agregados gruesos de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles

Análisis granulométrico por tamizado

Para este análisis se hace pasar una muestra seca, disgregada y pesada por **diferentes tamices dispuesto de mayor a menor abertura**, agitándolos para hacer pasar la muestra a través de ellos. Con este proceso se logra determinar el porcentaje de material que queda retenido en cada uno de los tamices, para poder confeccionar una **curva granulométrica**.



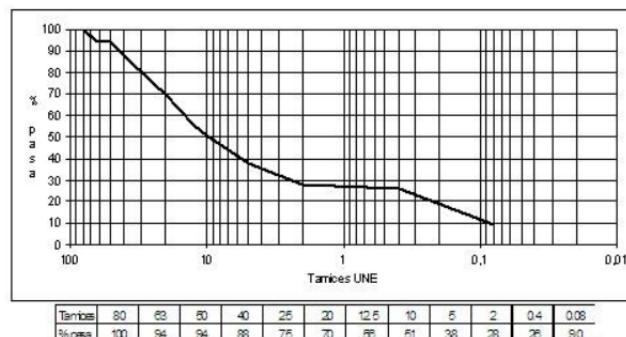
Ejemplo tamiz. Fuente: *dynapac*

Análisis granulométrico por sedimentación

Se lleva a cabo, sobre todo en arenas finas, limos, y arcillas. El estudio se basa sobre la "**ley de Stoke**", que **relaciona la velocidad de sedimentación de una partícula en el seno de un fluido con el tamaño de dicha partícula**. Se ejecuta colocando una muestra en agua destilada dentro de un cilindro de sedimentación y, a la que se le agrega un dispersor para evitar la floculación, para finalmente introducir el hidrómetro dentro del recipiente con la muestra.

Representación gráfica de un análisis granulométrico

El modo más común para representar gráficamente la granulometría de un terreno es a través de un **diagrama semilogarítmico**, donde se representan los tamaños en el eje X (en una escala logarítmica de base 10), y en el eje Y una escala aritmética del 0 al 100 %. Este tipo de gráfico debe hacer entender claramente la cantidad de partículas que atraviesan cada tamiz, y se le denomina **curva granulométrica**.



Ejemplo de curva granulométrica. Fuente: *geotecniaymecanicasuelosabc*

Prueba de densidad relativa

DESCRIPCIÓN

La densidad relativa relaciona la densidad seca del suelo sin cohesión con las densidades máxima y mínima. El grado de compactación del suelo sin cohesión puede expresarse en términos de densidad relativa.

Este método, en la norma EN, cubre la determinación de la densidad seca máxima y el contenido de agua de los materiales sin cohesión cuando se compacta usando una mesa vibratoria. Los materiales para los cuales es aplicable este método pueden contener hasta 12% en masa de finos (<0.063 mm). El tamaño máximo de partícula de los materiales a ensayar es de 80 mm. Este método se aplica a las mezclas que se utilizarán en la construcción de carreteras.

La ASTM también especifica que se usa para la determinación de la densidad relativa del suelo sin cohesión para el cual la compactación por impacto no producirá una curva de relación de humedad-densidad bien definida y donde la densidad máxima del método de impacto generalmente será menor que por vibración método.

Laboratorio N°1 Contenido Humedad

ENSAYOS:

Contenido de Humedad

ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Norma:

ASTM D 2216 - 71 (NTP 339.127)

INTRODUCCION

El contenido de humedad de un suelo es la relación por cociente entre el peso del agua que aloja y el peso de sus partículas sólidas, expresado siempre en términos de porcentajes. Esta propiedad física es de sencilla obtención y de una gran utilidad, pues la resistencia y el comportamiento de los suelos ligados a la construcción están regidos, en gran parte, por la cantidad de agua que contienen. El peso del agua será la diferencia de pesos entre la muestra en estado natural y la seca.

En muchos tipos de suelos, el contenido de humedad es una de las propiedades índices mas empleadas en la determinación del comportamiento del suelo.

El contenido de humedad es usado en casi todas las ecuaciones que expresan las relaciones entre las fases de aire, agua y sólidos presentes en un volumen dado de suelo.

En los suelos finos (cohesivos), su consistencia depende del contenido de humedad que posean.

OBJETIVOS DEL ENSAYO

El ensayo consiste en la determinación de la humedad con respecto del peso del agua contenida en los poros de una muestra de suelo, mediante secado de ésta en un horno a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ \text{C}$, hasta alcanzar un peso constante. El peso del agua evaporada se considera como el peso del agua contenida en la muestra y el peso del suelo seco se considera como el peso de las partículas sólidas.

Ensayo proctor: dos opciones de ensayo geotécnico

Los estudios geotécnicos son fundamentales para cualquier proyecto de construcción, ya que proporcionan **información crucial sobre las características del suelo** y su comportamiento bajo diferentes condiciones y tipos de carga. El conocimiento detallado del suelo ayuda a evitar problemas estructurales, reducir costos y asegurar la longevidad de las construcciones. Dentro de estos estudios, los ensayos geotécnicos, como el **ensayo proctor**, desempeñan un papel muy importante al ofrecer datos concretos sobre la compacidad, la resistencia y la estabilidad del suelo.

¿Qué es un Ensayo Proctor?

El **ensayo Proctor** es uno de los tipos de estudio más importantes en la geotecnia para **conocer la densidad óptima y la cantidad de agua que contiene un suelo**, y así, lograr una compactación ideal. Este **ensayo**, desarrollado por R.R. Proctor en 1933, se ha convertido en indispensable para asegurar que el suelo tenga una resistencia adecuada y **la deformabilidad sea mínima cuando se use como material de relleno** en obras, como carreteras, presas o edificios.

El principal objetivo del **ensayo Proctor** es establecer la relación entre la humedad y la densidad en seco del suelo, lo cual hace posible **identificar el punto de contenido de agua óptimo para maximizar la densidad**. Este conocimiento es crucial para los ingenieros, ya que la correcta compactación del suelo es indispensable cuando hablamos de estabilidad y durabilidad de las estructuras levantadas sobre él.

El ensayo CBR de laboratorio: ¿Qué es?

El ensayo CBR se emplea para evaluar la capacidad portante de terrenos compactados como terraplenes, capas de firme, explanadas así como en la clasificación de terrenos.

Las siglas CBR significan **Californian Bearing Ratio** y proviene de que este ensayo fue desarrollado, antes de la segunda guerra mundial, por el Departamento de Transportes de California.

La **prueba CBR** de suelos consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados, sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

Se rige por la norma **ASTM 1883** o por la norma **UNE 103502** entre otras.