



**UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**EVALUACIÓN TÉCNICO ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE CARBÓN
ACTIVADO**

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL

FRANCISCO JAVIER SOTO PAREDES

PROFESOR GUÍA:
RODRIGO DONOSO HEDERRA

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:
GERARDO DIAZ RODENAS
GABRIEL FIERRO CERENO

SANTIAGO DE CHILE
AGOSTO 2007

RESUMEN DE LA MEMORIA
PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL
POR: FRANCISCO SOTO P.
FECHA: 20/08/2007
PROF. GUIA: Sr. RODRIGO DONOSO H.

EVALUACION TECNICO ECONOMICA DE UNA PLANTA DE CARBON ACTIVADO

El presente trabajo tiene por objetivo principal la evaluación técnica y económica a nivel de prefactibilidad de una planta de carbón activado.

El carbón activado posee un gran número de aplicaciones, principalmente en la adsorción de diferentes partículas presentes en líquidos y gases, y uso en yacimientos de oro de baja ley para la recuperación de este mineral. Se presenta la oportunidad de estudiar la prefactibilidad de una planta en Chile que permita abastecer a parte del mercado nacional y latinoamericano utilizando el cuesco de durazno como materia prima, el cual posee características que permitirían obtener carbones activados de buena calidad, a bajo costo y para diferentes aplicaciones.

Para el desarrollo del presente proyecto se investigó el producto, sus características y aplicaciones. Luego se investigó el mercado del carbón activado enfocándose en Latinoamérica, se estudió la normativa ambiental aplicable al proyecto, se realizó un estudio técnico que permitiera conocer las calidades que se pueden obtener y conocer el proceso de producción. Se realizó la evaluación económica a nivel de prefactibilidad junto al análisis de sensibilidad de las variables que podrían afectar el resultado del proyecto. La información fue obtenida a partir de diversas fuentes bibliográficas, juicio de expertos e información entregada por Ekokarbones de Ecuador.

El estudio de mercado reveló que cerca del 70% del consumo en Chile es importado. A nivel latinoamericano las importaciones alcanzan las 20.000 toneladas anuales, existiendo un mercado potencial a quienes llegar ofreciendo precios competitivos. Del estudio ambiental se concluyó que el proyecto no debe someterse al SEIA, sin embargo es recomendable someterse voluntariamente a éste dada las características del proyecto relacionadas con el uso de combustibles contaminantes.

La evaluación económica sin financiamiento, utilizando una tasa de descuento de 15%, arrojó un VPN de US\$285.475 y una TIR de 17,76% utilizando como combustible fuel oil N°6. El proyecto financiado con préstamo bancario (60% de la inversión) arrojó un VPN de US\$915.722 y una TIR de 22,14% con una tasa de descuento de 11,2%, resultando esta alternativa más atractiva. El monto de la inversión es de US\$2.405.199.

De los resultados obtenidos se concluye que este proyecto es viable a nivel de prefactibilidad, sin embargo el éxito del proyecto no está asegurado debido a la baja diferencia entre la tasa de descuento y las TIR obtenidas, lo que hace que el proyecto no sea muy atractivo para invertir. Se recomienda realizar un estudio de factibilidad antes de decidir si llevar a cabo el proyecto.

Agradecimientos

Doy gracias a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y colaboración durante estos años de formación humana y profesional.

Mis agradecimientos también a aquellos que me apoyaron durante el desarrollo de esta memoria. A aquellos que me abrieron puertas y a los que me cerraron tantas otras. A aquellos que me cortaron las alas y a los que me ayudaron a salir adelante. A aquellos que me criticaron, me aconsejaron, me enredaron, me retaron, me chaquetearon, me alentaron. A aquellos que creyeron en mi, y a aquellos que no lo hicieron. A todos, ya que sin ellos esto hubiera sido bastante aburrido.

En particular agradezco a Andrés Susaeta por su apoyo y por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto. También a Félix Susaeta por su colaboración y disposición para el desarrollo del proyecto.

A mis profesores Rodrigo Donoso y Gerardo Díaz por sus comentarios y críticas las cuales siempre fueron fundamentales durante el desarrollo de esta memoria.

A mis amigos y compañeros que me brindaron su ayuda, Consuelo, José Alejandro, Gabriel y Tatiana.

A mis amigos Claudia, Carola, Rodrigo, Pedro, Sebastián, Paola, Michelle, Jasan y Adriana, por el apoyo y la preocupación.

A los del Grupo Cerrillos y el Hogar Niño Jesús, por los grandes momentos de distracción durante todo este tiempo.

A mis hermanas, Jessica y Rosamary, por su preocupación constante, a mi prima Cristina, a mis sobrinos y a mi familia en general.

Y finalmente a mis padres, Ana María y Francisco, por ser un pilar fundamental en todo este periodo. Por su apoyo incondicional, por su preocupación, comprensión y paciencia y por todo el amor que me han entregado.

Índice de Contenidos

Capítulo 1: Introducción y Antecedentes Generales	4
1.1. Introducción	4
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo General	5
1.2.2. Objetivos Específicos	5
1.3. Alcances	5
1.4. Conceptos Relacionados al Proyecto	5
1.5. Oportunidad de Negocio	6
1.6. Descripción del Proyecto	7
1.7. Metodología	7
1.8. Resultados Esperados.....	9
Capítulo 2: Identificación del Producto	10
2.1. Características, Estructura y Propiedades.....	10
2.2. Tipos de Carbones Activados	11
2.3. Usos y Aplicaciones.....	12
2.4. Métodos de Producción	13
2.4.1. Activación Física	13
2.4.2. Activación Química.....	14
2.5. Alternativa de Regeneración.....	15
2.6. Otros Tratamientos	16
2.7. Descripción del Proceso de Adsorción	16
2.7.1. Parámetros de Adsorción del Carbón Activado.....	17
2.7.2. Índices Asociados a los Carbones Activados	17
Capítulo 3: Estudio de la Industria y el Mercado	20
3.1. Mercado del Carbón Activado en Chile.....	20
3.1.1. Productores de Carbón Activado.....	21
3.1.2. Importadores de Carbón Activado.....	21
3.2. Competencia e Industria Internacional.....	22
3.2.1. Mercado e Industria Nacional.....	22
3.2.2. Mercado e Industria Internacional	23
3.2.3. Principales Productores y Exportadores de Carbón Activado	23
3.3. Consumidores e Importadores de Carbón Activado	25
3.3.1. Consumidores	25
3.3.2. Principales Importadores de Carbón Activado	27
3.4. Demanda del Mercado.....	28
3.5. Disponibilidad de Materia Prima	28
3.5.1. Volúmenes de Producción y Disponibilidad de Materia Prima de Algunas Empresas Conserveras.....	30
Capítulo 4: Estudio Técnico	31
4.1. Calidades.....	31
4.1.1. Carbones Activados para la Minería	32
4.1.2. Carbones Activados para Tratamiento de Líquidos y Aguas Residuales	33
4.1.3. Otras Aplicaciones	35
4.2. Capacidad y Localización de la Planta	35

4.2.1. Capacidad Instalada de la Planta.....	35
4.2.2. Localización de la Planta.....	36
4.3. Proceso.....	38
4.3.1. Recolección y Almacenamiento de la Materia Prima	39
4.3.2. Chancado de la Materia Prima	40
4.3.3. Carbonización	40
4.3.4. Activación.....	43
4.3.5. Molienda y Clasificación.....	44
4.4. Selección de Equipos y Diseño de las Instalaciones	46
4.4.1. Horno Rotatorio.....	47
4.4.2. Enfriador.....	48
4.4.3. Tolva dosificadora y Silo de Almacenamiento.....	49
4.4.4. Chancadores.....	49
4.4.5. Harnero	50
4.4.6. Cintas Transportadoras.....	51
4.4.7. Caldera.....	51
4.4.8. Lavador de Gases.....	52
4.5. Terreno e Infraestructura	53
4.6. Requerimiento de Recursos Humanos	56
Capítulo 5: Estudio Legal	58
5.1. Organismos Reguladores y Fiscalizadores.....	58
5.2. Legislaciones	58
5.2.1. Legislación Ambiental	58
Capítulo 6: Evaluación Económica.....	61
6.1. Inversión	61
6.1.1. Inversión en Equipamiento de la Planta	61
6.1.2. Inversión en Obras Civiles	62
6.1.3. Inversión en Terreno	62
6.1.4. Activo Diferido	63
6.2. Producción.....	63
6.3. Ingresos	64
6.4. Costos.....	64
6.4.1. Costos Fijos	64
6.4.1.1. Sueldos del personal.....	64
6.4.1.2. Mantenimiento.....	65
6.4.2. Costos Variables	65
6.4.2.1. Adquisición de la Materia Prima	65
6.4.2.2. Consumo de Energía Eléctrica.....	65
6.4.2.3. Consumo de Combustible	66
6.4.2.4. Consumo de Agua de la Caldera	67
6.4.2.5. Insumos.....	67
6.4.2.6. Otros	67
6.5. Depreciación de Activos Fijos.....	67
6.6. Capital de Trabajo	67
6.7. Valor Residual	68
6.8. Flujo de Caja.....	68
6.9. Análisis de Sensibilidad Caso Sin Financiamiento	70
6.10. Evaluación Económica Con Financiamiento.....	71

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones	73
Bibliografía y Fuentes de Información	77
ANEXOS	79
ANEXO 1: Aplicaciones del Carbón Activado	80
ANEXO 2: Estudio de Mercado	83
Anexo 2.1: Importaciones de los Principales Países de Latinoamérica	83
Anexo 2.2.: Disponibilidad de Materia Prima.....	85
ANEXO 3: Estudio Técnico.....	88
Anexo 3.1.: Empresas Comercializadoras y/o Consumidoras de Carbón Activado en Latinoamérica.	88
Anexo 3.2.: Precios de Carbones Activado Granulares Utilizados en Minería y en la Industria para el Tratamiento de Líquidos. (Precios FOB)	89
Anexo 3.3.: Flujo de Materia Prima por cada Etapa del Proceso	89
Anexo 3.4.: Dimensiones y Características de Equipos y Maquinarias.....	90
ANEXO 4: Estudio Legal.....	100
Anexo 4.1.: Consideraciones Evaluación de Impacto Ambiental	100
Anexo 4.2.: Código Sanitario.....	102
Anexo 4.3.: Pertinencia de Presentar un Estudio de Impacto Ambiental o una Declaración de Impacto Ambiental.....	103
ANEXO 5: Evaluación Económica	105
Anexo 5.1.: Cotizaciones Equipos.....	105
Anexo 5.2.: Cálculo Consumo de Combustible	117
Anexo 5.3.: Gases Producto del Proceso de Fabricación de Carbón Activado	126
Anexo 5.4.: Flujo de caja sin financiamiento. Uso de gas natural como combustible.	127
Anexo 5.5.: Flujos de caja correspondientes a los análisis de sensibilidad.	128

Capítulo 1: Introducción y Antecedentes Generales

1.1. Introducción

El carbón activado es un término referido a una serie de materiales carbonosos fabricados químicamente a partir de diversas materias primas que le dan a este producto una gran capacidad de adsorción de partículas. Esta característica permite su uso en diferentes ámbitos tales como purificación de aguas y aire, uso en medicina contra intoxicaciones, uso en la minería, decoloración y purificación de diversos líquidos, bebestibles, aguas servidas, filtros, entre otras aplicaciones.

A nivel mundial cada vez existen mayores exigencias con respecto a la producción limpia en las empresas con el fin de reducir la contaminación, lo que ha permitido el aumento en la demanda de este producto en los últimos años, con un aumento del mercado a nivel mundial de aproximadamente 8% anual.¹

En Chile, el mercado del carbón activado ha presentado un importante crecimiento dada sus múltiples aplicaciones y beneficios en diferentes áreas. Actualmente en Chile no existe un gran conocimiento acerca de la fabricación de este producto, sin embargo la cantidad de estudios e investigaciones a nivel mundial presenta un gran crecimiento en los últimos años. Actualmente existe en Chile una empresa, la cual produce 500 toneladas anuales de carbón activado fabricado a partir de huesos de durazno. Esta es Petrochil S.A. y se ubica en la VI Región. Esta producción representa el 33% del consumo total interno del país, siendo el 67% restante importado desde el exterior por Petrochil y otras empresas que comercializan este producto.²

En Latinoamérica durante el año 2005 los niveles de importación de carbón activado alcanzaron las 20.000 toneladas, lo que equivale a un valor de importaciones de aproximadamente 37,6 millones de US\$ CIF, presentando un crecimiento cercano al 13% con respecto al año 2004. Principalmente el origen del carbón activado importado por los principales países de Latinoamérica es México, EE.UU., China y países europeos.³ Países como Perú, donde existe un gran nivel de actividad en la minería aurífera, representan potenciales clientes a quienes ofrecer el carbón activado que será producido, con quienes se deberá aprovechar la ventaja que representa la distancia entre Chile y estos países. Por otra parte, se deberán ofrecer precios competitivos de manera de lograr entrar a los diferentes mercados.

En Chile existe materia prima disponible para la fabricación de carbón activado. Esta materia prima es el hueso de carozo, más específicamente de duraznos, el cual se encuentra entre la V y la VI Región del país.

¹ http://www.fondef.cl/noticias/deta_noti.php3?cod_noti=582

² Petrochil S.A y base de datos de Prochile. www.prochile.cl

³ Base de datos Centro Internacional de Comercio, ITC. Trademap.org

En el presente trabajo se evaluará a nivel de prefactibilidad la instalación de una planta de carbón activado que permita satisfacer parte de la demanda en Chile de los consumidores que importan este producto desde el exterior y de exportar a países cercanos, principalmente a aquellos donde existe un gran nivel de actividad minera de oro y plata, y un gran nivel de actividad industrial.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Evaluar técnica y económicamente, a nivel de prefactibilidad, una planta de carbón activado en Chile.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Realizar un estudio de la industria y del mercado del carbón activado en Chile y el mundo, para identificar los mercados interesados en el producto.
- Determinar la disponibilidad de materia prima que tendrá la planta.
- Determinar la ubicación y el tamaño de la planta y las calidades que se fabricarán.
- Identificar los requerimientos técnicos del proyecto que se ajusten a las necesidades de la planta de carbón activado en evaluación.
- Definir la estructura organizacional de la empresa que sea acorde al proyecto.
- Determinar inversión, costos y beneficios del proyecto, para realizar una evaluación económica del proyecto.
- Determinar los factores de riesgo asociados al proyecto y realizar un análisis de sensibilidad de las variables relevantes de éste.

1.3. Alcances

Este trabajo se enfoca en la evaluación a nivel de prefactibilidad del proyecto bajo estudio. Se entrega una visión de los costos y los factores involucrados en el proyecto con el fin de determinar si es conveniente continuar con el análisis de factibilidad el cual entrega una visión más detallada del proyecto.

El presente trabajo se enfoca a determinar los costos y el nivel de inversión necesarias para el proyecto, y a conocer el entorno del mercado, por lo que toda la parte química y termodinámica será investigada a través de bibliografía, ya sean libros de investigación o memorias de ingeniería química y juicio de expertos, por lo que queda fuera de este trabajo, dado el acotado tiempo para realizarlo, la realización de experimentos de laboratorio relacionados con la obtención de carbón activado.

1.4. Conceptos Relacionados al Proyecto

Con el fin de que los lectores del presente informe se familiaricen con los conceptos utilizados, se presentan algunas definiciones que permitirán el mejor entendimiento del proyecto:

- *Adsorción*: Fenómeno por el cual un líquido o un sólido atrae y retiene en su superficie gases, vapores, líquidos o cuerpos disueltos. Cabe señalar la distinción entre este término y el de *absorción* el cual se diferencia con la *adsorción* a que el primero se refiere a la retención de diferentes elementos en el cuerpo del material absorbente y el segundo a la retención en la superficie del material adsorbente.
- *Adsorbente*: Corresponde al sólido que adsorbe, en este caso el carbón activado.
- *Adsorbato*: Corresponde a la molécula atrapada por el adsorbente.
- *Superficie específica*: Corresponde a la superficie interna del carbón activado, su unidad de medida es m²/g.
- *Microporos*: Son los poros del carbón activado cuya medida es inferior a 2 nm⁴. Son los responsables del 90% de la capacidad de adsorción de los carbones activados.
- *Macroporos*: Poros cuyas medidas son superiores a 50 nm.
- *Mesoporos*: Poros cuyas medidas van entre los 2,0 a 50 nm.
- *Precursor*: Es la materia prima utilizada a partir del cual se fabrica el carbón activado.

1.5. Oportunidad de Negocio

El nivel de importaciones de carbón activado en el mundo, según datos estadísticos, alcanzó aproximadamente los US\$595 millones el año 2005, con una tasa de crecimiento de 8% anual en volumen. Esta alza se debe a que los procedimientos de producción limpia son cada día más demandados por las empresas, quienes han mostrado un aumento en su interés por reducir sus niveles de contaminación; para esto, el carbón activado representa un producto que puede ayudar enormemente a las empresas dado su alto grado de adsorción de impurezas.

En Chile, alrededor del 67% del carbón activado que se consume es de origen importado, el 33% restante corresponde a producción nacional, donde solo existe una empresa: Petrochil S.A. Existe la oportunidad de aumentar la producción nacional y comercializar en Chile este producto a precios competitivos. Por otro lado existe materia prima disponible suficiente y a bajo costo que permitiría cumplir con las proyecciones de producción del proyecto, y que, de acuerdo a experimentos realizados por ingenieros civiles químicos⁵, permitiría obtener un producto de alta calidad aplicable a un importante número de industrias y procesos, abarcando un amplio rango de mercado.

⁴ 1 nm. (1 nanómetro) corresponde a 0,000000001 metros o una millonésima parte de 1 milímetro.

⁵ Félix Susaeta, ingeniero civil químico. Ximena Álvarez M.

Por otra parte, hay países vecinos o cercanos a Chile que son grandes productores de oro, industria que consume carbón activado en su proceso de extracción en yacimientos de baja ley. Viendo los niveles de importación de países latinoamericanos, se observa que existe un importante mercado potencial a quien ofrecerle este producto, teniendo en cuenta que para llegar a estos mercados se debe ofrecer un precio competitivo.

1.6. Descripción del Proyecto

El proyecto consiste en evaluar la prefactibilidad técnica y económica de instalar una planta de carbón activado en Chile.

El proyecto a evaluar es la instalación de la planta con toda la maquinaria y los servicios necesarios para la operación del proceso que cumplan con las proyecciones y requerimientos establecidos.

Se determinará la localización, dentro de la Región Metropolitana, dado que es en esta región donde se encuentran los proveedores más importantes de materia prima y por otra parte es una zona bastante central permitiendo estar al alcance de los potenciales clientes (minerías, industrias, entre otros) , y además cercano al puerto de Valparaíso y San Antonio. La ubicación exacta se definirá en el capítulo correspondiente al estudio técnico.

1.7. Metodología

La metodología debe responder al “cómo” se lograrán los objetivos planteados para el proyecto. Para esto se utilizará la metodología utilizada habitualmente para la evaluación de proyectos, es decir, se desarrollarán los siguientes puntos:

- Estudio de la Industria y del Mercado: Este punto será desarrollado basándose en investigación bibliográfica, investigación de los mercados consumidores y estudio de los datos de comercio exterior disponible en diversas fuentes (por ejemplo, Banco Central). Este capítulo abarcará los siguientes contenidos:
 - Estudio de comercio exterior: Importaciones y exportaciones a nivel mundial, latinoamericano y nacional.
 - Consumidores y demandas del mercado.
 - La competencia y las ofertas del mercado.
 - Comercialización del producto.
 - Los proveedores y la disponibilidad y precio de los insumos.
- Estudio Técnico: El estudio técnico se desarrollará a partir de bibliografía relacionada con el proyecto, y con la ayuda de juicio de expertos. Además se estimarán las dimensiones de los equipos y se realizará un estudio de las calidades y requerimientos para diferentes aplicaciones. Este capítulo abarcará los siguientes contenidos:

- Estudio de los procesos productivos.
 - Capacidad y localización de la planta.
 - Determinación de requerimientos de equipos y monto de la inversión en equipos e infraestructura necesaria para el proyecto.
 - Dimensionar las necesidades de espacio físico, mano de obra por especialización y calcular el costo de remuneraciones.
 - Estimar los costos de mantenimiento, reparaciones y reposición de equipos.
 - Identificar las materias primas y otros insumos que demandará el proceso.
- Estudio Organizacional: Se definirá la estructura adecuada al proyecto.
 - Definir la estructura organizacional.
 - A partir de lo anterior, definir las necesidades de personal para la gestión.
 - Requerimientos de espacio físico.
- Estudio Legal: Se investigará, usando como fuente principal la CONAMA, las normas ambientales que rigen al proyecto
- Construcción del Flujo de Caja: Se desarrollará el flujo de caja del proyecto, estudiando dos casos: Sin financiamiento y con financiamiento mediante préstamo bancario, con el fin de observar y comparar los resultados obtenidos en ambos casos. En este capítulo se desarrollarán los siguientes temas:
 - Estimación de Beneficios
 - Estimación de Costos
 - Inversión Inicial
 - Depreciaciones
 - Impuestos
- Cálculo de indicadores: Mediante la ayuda de Excel se obtendrán los flujos de caja y los indicadores respectivos, estos son:
 - Valor presente neto (VPN)
 - Tasa interna de retorno (TIR)
 - Período de recuperación del capital (PRC)
- Tratamiento de la incertidumbre
 - Se analizará cómo afecta en el resultado final (en el VAN, TIR y PRC) variaciones en las diferentes variables que podrían afectar al resultado del proyecto. Se realizará un análisis de sensibilidad a estas variables para determinar cuáles son las variables que influyen en mayor grado al proyecto.

1.8. Resultados Esperados

- Caracterizar el mercado del carbón activado.
- Definir clientes potenciales y mercado objetivo.
- Definir calidades a producir.
- Determinar requerimientos de maquinarias y tecnologías.
- Investigar el marco regulatorio que afecta al proyecto.
- Obtener cantidades de inversión y vías de financiamiento.
- Determinar costos variables y costos fijos.
- Determinar ingresos esperados.
- Cuantificar la viabilidad del proyecto a través de flujos de caja.
- Estudiar los factores de riesgo del proyecto.

Capítulo 2: Identificación del Producto⁶

El carbón activado se puede definir como una serie de carbones porosos, amorfos y preparados químicamente para que tengan un elevado grado de porosidad y una alta superficie específica interna. Estas características, junto con la naturaleza química de los átomos de carbono que lo componen, le dan la propiedad de atraer y atrapar ciertas moléculas del fluido que rodea al carbón. A esta propiedad se le llama “adsorción”; al sólido que adsorbe se le denomina *adsorbente* y a la molécula atrapada, *adsorbato*. La unión entre el carbón y el adsorbato se lleva a cabo por medio de fuerzas de *London*, que son una de las clases de fuerzas de *Van der Waals*. Éstas son relativamente débiles y, por lo tanto, reversibles.

El carbón activado es considerado un adsorbente muy versátil debido a que el tamaño y la distribución de sus poros en la estructura carbonosa pueden ser determinados mediante el control de algunas variables involucradas en la producción para satisfacer necesidades en diferentes aplicaciones. Las necesidades de la industria pueden ser satisfechas mediante la posibilidad de preparar estos materiales con una gran variedad de formas físicas tales como polvo, granular, extrusionado, fibra, e incluso tela. Por otra parte, mediante una adecuada selección del precursor, el método de activación y control de las variables del proceso de fabricación, y las propiedades adsorbentes del producto pueden ser adaptadas para satisfacer necesidades tales como la purificación de aguas potables, control de las emisiones de gasolina en automóviles entre otras.

El carbón activado puede tener hasta un 97% de carbono, además de hidrógeno, oxígeno, cenizas y a veces nitrógeno. El origen del carbón activado puede ser vegetal o mineral, y sus diversas aplicaciones dependen del origen y las distintas formas de obtener el carbón activado.

2.1. Características, Estructura y Propiedades

El carbón activado es un término general que se denomina a toda una gama de productos derivados de materiales tales como maderas, cuercos de carozo, huesos, entre otros. Es un material que tiene una alta área superficial, medida por el índice de yodo, y se caracteriza por una gran cantidad de microporos (poros menores que 2 nanómetros).

La estructura del carbón activado se muestra con una gran cantidad de recovecos y grietas. A niveles más bajos se encuentran zonas donde hay pequeñas superficies planas separadas por pequeños espacios que forman los microporos. Estos microporos proporcionan las condiciones para que tenga lugar el proceso de adsorción.

El carbón activado se puede definir como un material carbonoso y poroso que es preparado por la reacción de un precursor carbonoso con gases oxidantes, y

⁶ Rodríguez R., Francisco. Carbón Activado, Revista Química Universidad de Los Andes, Colombia.

algunas veces con la adición de productos químicos (por ejemplo, ácido fosfórico, cloruro de zinc o hidróxido potásico) durante y después de la carbonización para aumentar la porosidad.

La superficie específica y las dimensiones de los poros dependen del precursor y de las condiciones de los procesos de carbonización y activación utilizados. Los tamaños de los poros van desde los más pequeños, llamados microporos (hasta 2,0 nm), hasta los mesoporos (de 2,0 a 50 nm) y macroporos (mayores de 50 nm). La mayor parte de la adsorción tiene lugar en los microporos, responsables de más del 90% de la superficie específica.

El carbón activado presenta en su estructura átomos de carbono y además, grupos funcionales, principalmente de oxígeno y nitrógeno, y componentes inorgánicos responsables de las cenizas, todos ellos con un efecto importante en los procesos de adsorción. Los grupos funcionales se forman durante el proceso de activación por interacción de los radicales libres de la superficie del carbón con átomos tales como oxígeno y nitrógeno que pueden en parte provenir del precursor o de la atmósfera

La principal fuente de oxígeno en el carbón activado es la interacción con gases oxidantes en el proceso de activación utilizándose como agentes oxidantes oxígeno, dióxido de carbono, vapor de agua o mezclas de éstos, siendo el más común el vapor de agua.

2.2. Tipos de Carbones Activados

Los carbones activados pueden clasificarse de acuerdo al tamaño de las partículas, existiendo dos grupos:

- Carbón activado en polvo (CAP).

Los CAP presentan tamaños menores a 100 nm⁷, siendo los tamaños típicos entre 15nm y 25nm.

- Carbón activado granular (CAG).

Los CAG presentan un tamaño medio de partícula entre 1mm y 5mm. Los CAG pueden dividirse en dos categorías:

1. Carbón activado troceado (o sin forma)

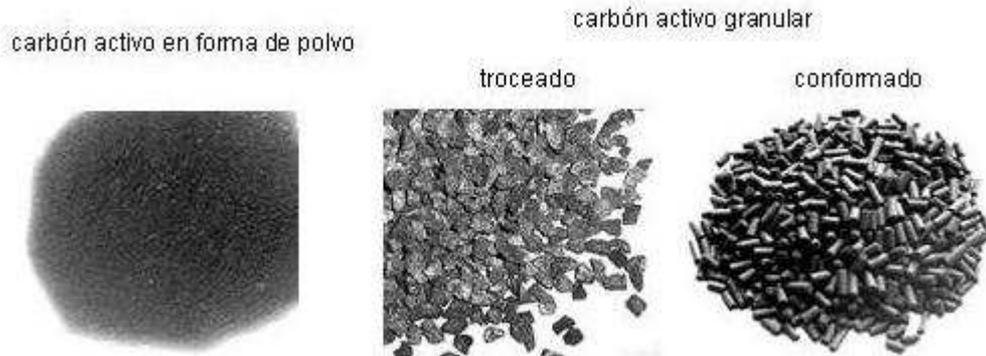
Los carbones activados troceados se obtienen por molienda, tamizado y clasificación de briquetas de carbón o de trozos más grandes.

2. Carbón activado conformado (o con una forma específica, cilindros, discos, etc.).

⁷ Nanómetro

Los carbones conformados pueden obtenerse por peletización o por extrusión de carbón en polvo mezclado con distintos tipos de aglomerantes.

Figura 2.1.: Tipos de Carbones Activados



Fuente: Web Global Waters Group

Los carbones activados pueden presentar superficies específicas del orden de $500 \text{ m}^2/\text{g}$ a $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ e incluso llegar a los $3000 \text{ m}^2/\text{g}$. Los elevados valores de superficie específica se deben a la porosidad que presentan los materiales carbonosos. En principio, se podría creer que a mayor superficie específica mejores serán las características como adsorbente del carbón activado, puesto que habría un mayor número de centros para adsorber el adsorbato. Sin embargo esto no siempre es cierto ya que dependiendo del tamaño de las moléculas del adsorbato puede suceder que éstas sean mayores que algunos de los poros y, por lo tanto, no toda la superficie sea accesible a dichas moléculas. Por otro lado también se debe tener en cuenta la geometría del poro y la del adsorbato. Así por ejemplo, algunas moléculas pueden penetrar en poros con geometría del “tipo rendija” y no hacerlo en poros de dimensiones similares y geometría distinta.

2.3. Usos y Aplicaciones⁸

El carbón activado es el adsorbente más versátil por su alta superficie específica, su estructura porosa y por su capacidad de presentar diferentes tipos de naturaleza química en su superficie. Existen otros productos que pueden actuar como sustitutos tales como el gel de silicio o dióxido de silicio, y la alúmina o óxido de aluminio, sin embargo estos productos presentan superficies menores a las del carbón activado.

Los carbones activados granulares se suelen utilizar para eliminar los contaminantes de líquidos. El consumo de carbón activado para aplicaciones en fase líquida es una proporción muy elevada del uso total de este material, siendo en algunos países de hasta el 80%. Las principales aplicaciones están relacionadas con el tratamiento de aguas potables y residuales, decoloración de edulcorantes, industria alimenticia, purificación de productos químicos y farmacéuticos, etcétera.

⁸ Obtenido a partir de diversas fuentes, principalmente de página Web de Carbotecnia, México

Las principales aplicaciones del carbón activado son las siguientes:

- a. Remoción de impurezas que le dan color, olor y sabor al agua potable y tratamiento de agua en procesos industriales.
- b. Uso médico para tratamiento de intoxicaciones agudas.
- c. Recuperación de solventes.
- d. Purificación de aire y gases.
- e. Eliminación de olores en lugares cerrados, bodegas, refrigeradores, mejoramiento de olores y sabores en alimentos.
- f. Evitar la maduración prematura de frutas y verduras.
- g. Recuperación de oro y plata
- h. Catálisis.
- i. Decoloración de azúcares, mieles y caramelos.
- j. Decoloración de licores, jugos, vinagres.
- k. Industrias de aceites y mantecas comestibles
- l. Otras aplicaciones.

Más detalles acerca de las aplicaciones del carbón activado se encuentran en el Anexo 1.

2.4. Métodos de Producción

Los carbones activados comerciales son fabricados a partir de materiales orgánicos que son ricos en carbono, especialmente carbón mineral, madera, huesos, cáscaras de frutas (como por ejemplo, cáscaras de coco, de nuez y de maní), cuercos de carozos, aceites pesados de petróleo, celulosa, azúcar, aserrín, desechos de leche, granos de maíz, hollejos de legumbre, etc. La elección del precursor es una función de su disponibilidad, precio y pureza de éste, pero el proceso de fabricación y la posible aplicación del producto final deben ser también considerados para elegir la materia prima a utilizar.

Los procesos de fabricación se pueden dividir en dos tipos: activación física o térmica y activación química. La porosidad de los carbones preparados mediante activación física es el resultado de la gasificación del material carbonizado a temperaturas elevadas, mientras que la porosidad que se obtiene en activación química es generada por reacciones de deshidratación química, que tienen lugar a temperaturas más bajas.

En palabras simples, la activación consiste en "multiplicar" la cantidad de poros de un carbón dando como resultado una estructura extremadamente porosa de gran área superficial disponible para llevar a cabo el proceso de adsorción en las diferentes aplicaciones ya mencionadas.

2.4.1. Activación Física

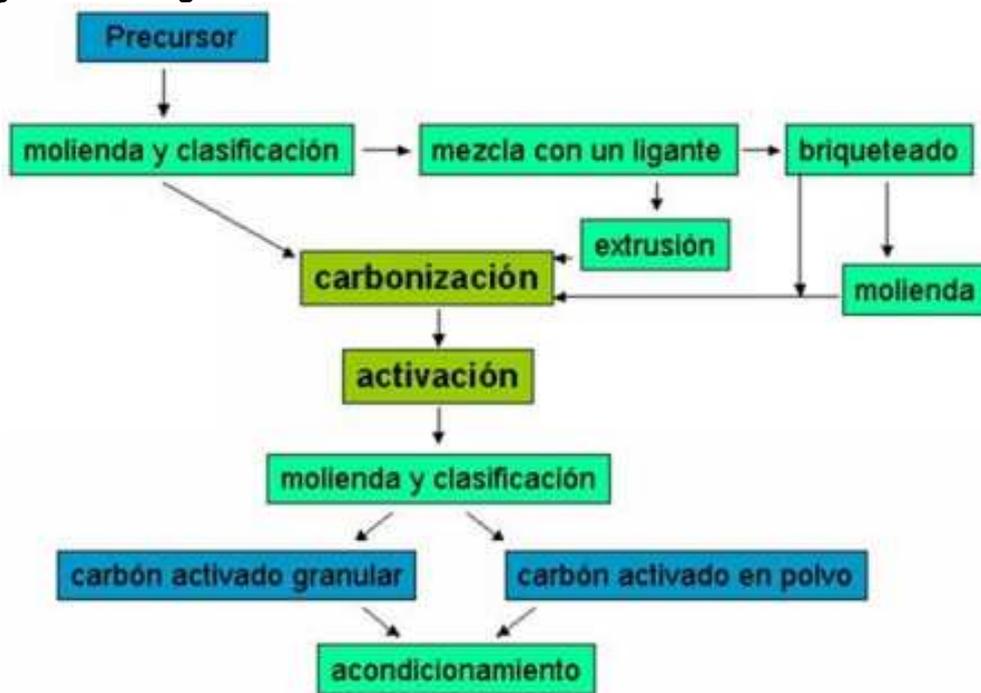
Normalmente se lleva a cabo en dos etapas: la carbonización del precursor y la gasificación controlada del carbonizado. La carbonización es la transformación de la materia prima a carbón en la cual se eliminan elementos como el hidrógeno y el oxígeno del precursor, para dar lugar a un esqueleto carbonoso

con una estructura porosa rudimentaria. Este proceso se realiza en ausencia de oxígeno a temperaturas inferiores a 700°C

En la activación el material sólido se expone a una atmósfera oxidante (oxígeno, vapor de agua, dióxido de carbono, o una mezcla de éstos) a temperaturas entre 800°C y 1000°C, que elimina los productos volátiles, aumentando el volumen de poros y la superficie específica al oxidar parte de las moléculas de carbono. La activación es el proceso de oxidación lenta del carbón resultante por medio del cual se forman millones de poros microscópicos en la superficie del carbón.

La carbonización y la activación se realizan principalmente en hornos rotatorios construidos en acero inoxidable y materiales refractarios para soportar las altas temperaturas de activación, cercanas a 1000°C. Cuando se utiliza como materia prima un material orgánico (ya sea, cáscara de coco, cuercos de frutas u otro), el proceso debe comenzar con la carbonización del material. Es en estos casos en el cual se debe optar por la fabricación de carbón activado mediante activación física. El siguiente diagrama muestra a grandes rasgos las etapas involucradas en la obtención de carbón activado mediante activación física:

Figura 2.2.: Diagrama del Proceso de Producción mediante Activación Física



Fuente: Instituto Nacional del Carbón, España

2.4.2. Activación Química

En este caso el precursor, normalmente un material lignocelulósico como madera, se impregna con un agente químico, preferentemente ácido fosfórico (aunque también se puede utilizar cloruro de cinc), y el material impregnado se calienta en un horno a 500-700°C. Los agentes químicos utilizados reducen la formación de material volátil y alquitrantes, aumentando el rendimiento en

carbón. El carbón resultante se lava profundamente para eliminar los restos del agente químico usado en la impregnación. Adicionalmente, estos carbones pueden ser activados térmicamente por gasificación parcial con dióxido de carbono o vapor de agua para obtener carbones activados con elevadas áreas superficiales para aplicaciones como el almacenamiento de gas natural.

Figura 2.3.: Diagrama del Proceso de Producción mediante Activación Química



Fuente: Instituto Nacional del Carbón, España

2.5. Alternativa de Regeneración

Una vez que el carbón activado ha sido saturado con los componentes que debe adsorber en una aplicación industrial puede ser regenerado mediante una serie de procesos, para así recuperar su estado original.

Las ventajas de la regeneración son principalmente que se reduce el costo para el usuario y que se reduce el problema de la eliminación o almacenamiento del material gastado. La regeneración puede hacerse en la propia instalación del usuario o en los sistemas de regeneración de los propios fabricantes. El método más simple de regeneración es la desorción de las sustancias adsorbidas por tratamiento térmico o por desgasificación. Lo que se suele hacer es pasar una corriente de vapor de agua sobrecalentado o de gas inerte a alta temperatura a través del lecho de carbón; este procedimiento es la base del proceso de recuperación de disolventes y del sistema PSA (pressure swing adsorption) utilizado en la separación de mezclas de gases. En algunos casos la regeneración se lleva a cabo en condiciones de activación para descomponer y desorber las sustancias adsorbidas y es en la práctica una reactivación. Aunque es posible regenerar cualquier tipo de carbón activado, la

regeneración está en este momento casi restringida al carbón granular, por su mayor costo, porque en el caso del carbón en polvo las pérdidas de material pueden ser demasiado elevadas.

2.6. Otros Tratamientos

Además de los métodos específicos de fabricación de carbón activado, en ocasiones es necesario producir variedades de carbón especiales, por lo que una vez fabricados es necesario realizar tratamientos posteriores. Así es común, por ejemplo para aplicaciones como la industria farmacéutica, que se deba eliminar la mayor parte de las impurezas inorgánicas tales como cenizas. Para esto los productores suelen lavar el carbón con ácido clorhídrico, lo que debe ir seguido de un lavado con agua.

Puesto que las propiedades adsorbentes del carbón activado vienen también condicionadas por la naturaleza química de su superficie, es común someter el carbón a un tratamiento adicional para modificar parcialmente su superficie. Si la modificación implica grupos superficiales de oxígeno, las dos opciones más importantes son la oxidación con aire, ácido nítrico o peróxido de hidrógeno (la selección del cual estará basada en el número y tipo de grupos que se van a introducir), y el tratamiento en helio o hidrógeno a alta temperatura para reducir parcial o totalmente los grupos superficiales de oxígeno. Otras posibles modificaciones del carbón activado pueden ser la introducción de grupos halógeno con cloro o bromo, de grupos azufre con sulfuro de hidrógeno y de grupos nitrógeno con amoníaco, aumentando así las posibilidades de retención de compuestos específicos. Una aproximación diferente es la impregnación del carbón activado con productos químicos específicos. Así, los carbones que se utilizan para la protección frente a gases tóxicos en guerra química (cianuro de hidrógeno, cloruro de cianógeno, etc.) son impregnados con sales de cromo y cobre. El carbón activado impregnado con ioduro potásico o con aminas es utilizado en los reactores nucleares para la retención de compuestos de yodo radiactivos.

2.7. Descripción del Proceso de Adsorción

Las moléculas en fase de gas o de líquido son unidas físicamente a la superficie de carbón activado. El proceso de la adsorción ocurre en tres pasos:

- Macrotransporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de macroporos del carbón activado.
- Microtransporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de microporos del carbón activado.
- Mesotransporte: Movimiento del material orgánico a través del sistema de mesoporos del carbón activado

El nivel de actividad de la adsorción depende de la concentración de la sustancia en el agua, la temperatura y la polaridad de la sustancia. Una sustancia polar (soluble en agua) no puede ser eliminada o es malamente

eliminada por el carbón activado, una sustancia no polar puede ser totalmente eliminada por el carbón activado. Cada clase de carbón tiene su propia isoterma de adsorción y en el campo del tratamiento de aguas esta isoterma viene definida por la función de Freundlich.

Función de Freundlich:

$$\frac{x}{m} = K_f * C_e^{1/n}$$

Donde,

$\frac{x}{m}$ = Sustancia adsorbida por gramo de carbón activado

C_e = Diferencia de concentración (final menos inicial)

K_f, n = Constantes específicas

2.7.1. Parámetros de Adsorción del Carbón Activado

Los siguientes parámetros influyen en la capacidad de adsorción del carbón activado:

1. *Área de la superficie*: La capacidad de adsorción es proporcional al área de la superficie.
2. *Tamaño de los poros*: La correcta distribución de los tamaños de poros es necesaria para facilitar el proceso de adsorción proveyendo sitios de adsorción y apropiados canales para transportar el adsorbato.
3. *Tamaño de partículas*: Partículas más pequeñas entregan mayores radios de adsorción. El área total de la superficie es determinada por el grado de activación y la estructura de los poros y no del tamaño de las partículas
4. *Temperatura*: Temperaturas menores incrementan la capacidad de adsorción excepto en el caso de líquidos viscosos.
5. *Concentración del adsorbato*: La capacidad de adsorción es proporcional a la concentración del adsorbato.
6. *pH*: La capacidad de adsorción se incrementa bajo condiciones de pH, los cuales disminuyen la solubilidad del adsorbato (normalmente a menor pH)
7. *Tiempo de contacto*: Un suficiente tiempo de contacto es requerido para alcanzar el equilibrio de adsorción y para maximizar la eficiencia de adsorción.

2.7.2. Índices Asociados a los Carbones Activados

Los niveles de adsorción de un carbón activado pueden ser medidos mediante los siguientes índices:

1. Índice de yodo
 - Es el parámetro fundamental usado para caracterizar el funcionamiento del carbón activado.
 - Medida del nivel de actividad (números más grandes indican mayor grado de activación).
 - Medida del contenido del microporo.
 - Equivalente al área de superficie del carbón activado en m²/g.
 - Medida estándar para aplicaciones en fase líquida.
2. Índice azul de metileno
 - Medida de la estructura de mesoporos.
3. Índice de melaza
 - Medida de la estructura de macroporos.
 - Importante para la decoloración.
4. Área de la superficie
 - Medida de la capacidad de adsorción. La razón tamaño de los poros/volumen del poro es también importante para determinar el funcionamiento.
5. Densidad aparente
 - Densidades mayores entregan un mejor volumen de actividad y normalmente indica carbones activados de mejor calidad.
6. Tamaño de partículas
 - Tamaños menores proveen radios de adsorción más rápidos el cual reduce la cantidad de tiempo de contacto requerida.
7. Dureza
 - Medida de la resistencia al agotamiento de los carbones activados.
 - Indicador importante para mantener su integridad física, mantener las fuerzas friccionales impuestos por repercusiones, etc.
8. Contenido de ceniza
 - Reduce toda la actividad del carbón activado.
 - Reduce la eficiencia de reactivación.

En la siguiente tabla se observan las características que se pueden obtener a partir de las materia primas más utilizadas en el mercado, índices que se pueden obtener mediante un adecuado del control de las variables que influyen en el proceso tales como temperatura, tiempo de residencia y agente oxidante utilizado.

Tabla 2.1.: Propiedades de algunos carbones activados obtenidos a partir de diferentes materias primas.

Propiedades / Materia prima utilizada	Cáscaras de coco y cuescos de carozos	Carbón vegetal	Lignito	Madera (en polvo)
Microporo	Alta	Alta	Media	Baja
Macroporo	Bajo	Medio	Alto	Alto
Dureza	Alto	Alto	Bajo	No aplicable
Cenizas	5%	10%	20%	5%
Ceniza soluble en agua	Alta	Baja	Alta	Media
Polvo	Bajo	Medio	Alto	No aplicable
Reactivación	Buena	Buena	Pobre	No
Densidad aparente	0,48 gr/cc	0,48 gr/cc	0,4 gr/cc	0,35 gr/cc
Número de yodo	1.100	1.000	600	1.000

Fuente: Carbochem, Ardmore, USA

Se observa que el carbón activado fabricado a partir de cuescos de frutas (en general carozos como durazno y damascos) o cáscaras de frutas (coco, maní y nuez) se pueden obtener carbones de mejor calidad, con un alto nivel de microporos (responsable del 90% de la adsorción), alto grado de dureza (lo que le da mayor durabilidad y hace posible que el carbón pueda ser reutilizado), bajo grado de cenizas (a mayor % de cenizas más afectada negativamente se ve la calidad del carbón), y un alto número de yodo (medida de adsorción de los carbones) lo cual le da al carbón la posibilidad de ser utilizado en una mayor cantidad de aplicaciones.

El carbón activado es comercializado bajo las siguientes normas:

- ✓ Medida de malla: Indica el tamaño del granulo (mm.).
- ✓ Número de Yodo (mg/gr.)
- ✓ Dureza (%)
- ✓ Cenizas (%)

La conversión de mesh (número o medida de malla) a milímetros es la siguiente:

Tabla 2.2.: Tabla de conversión de mesh a milímetros

Nº de malla	Milímetros
4	4,76
5	4
6	3,36
8	2,38
10	2
12	1,69
14	1,41
16	1,19
18	1
20	0,84
25	0,7
30	0,59

Fuente: Carbotecnia

Capítulo 3: Estudio de la Industria y el Mercado

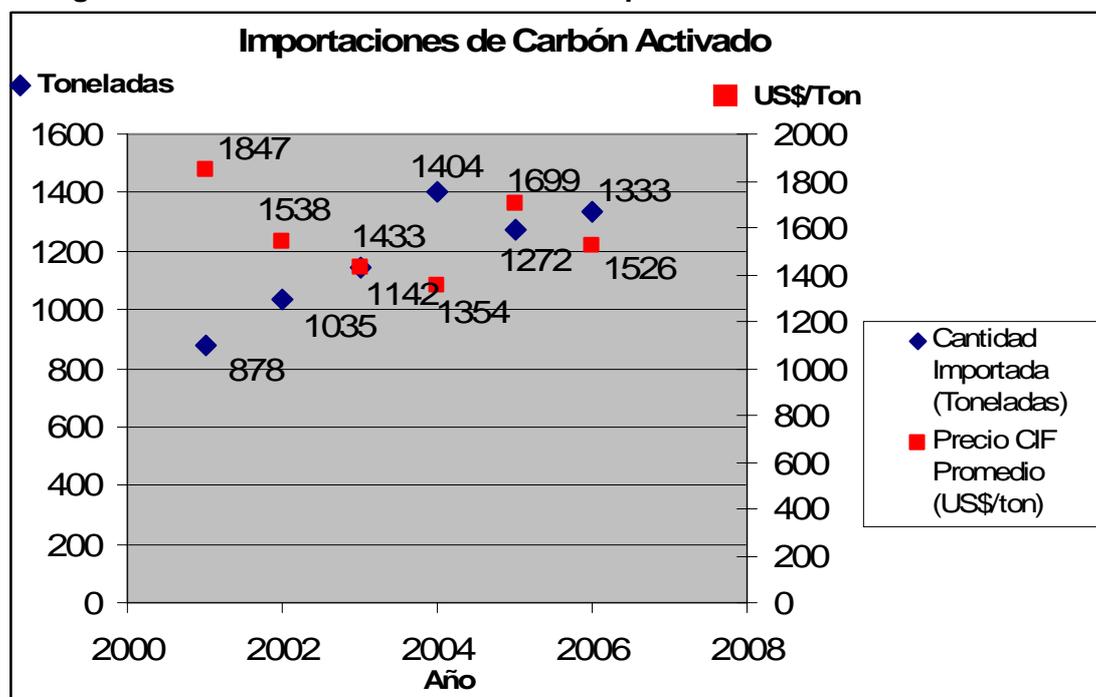
3.1. Mercado del Carbón Activado en Chile

El mercado mundial del carbón activado alcanzó aproximadamente unos US\$595 millones para el año 2005, con una tasa de crecimiento en volumen de 8% anual durante el periodo 1999-2004. Esta tendencia a la alza se puede explicar en parte a que los procedimientos de producción limpia cada día están demandando más de este producto.⁹

En Chile alrededor del 67% del carbón activado que se consume en el país es importado, lo que representa un monto de importación de 2,1 millones de USD CIF/año, y un volumen anual de 1.330 toneladas para el año 2006.¹⁰

Las importaciones de carbón activado en los últimos años ha mostrado el comportamiento señalado en el siguiente gráfico:

Figura 3.1.: Gráfico de la Evolución de Importaciones de Carbón Activado



Fuente: Banco Central y Aduana

Se observa que las importaciones habían mostrado un ascenso entre los años 2001 y 2004, lo cual podría explicarse por el aumento de la demanda. Este aumento se podría explicar por que las empresas buscan nuevas alternativas para reducir sus emisiones debido a la normativa vigente desde el año 2000 la cual regula los efluentes de las industrias al alcantarillado y la emisión de líquidos en aguas superficiales. Vemos que para el 2005 se registra un quiebre en esta tendencia donde el monto de importaciones disminuyó a 1.272 toneladas. Los datos disponibles para el año 2006 muestran que la cantidad

⁹ http://www.fondef.cl/noticias/deta_noti.php3?cod_noti=582

¹⁰ http://www.fondef.cl/noticias/deta_noti.php3?cod_noti=582

importada hasta para ese año fue de 1.333 toneladas¹¹, lo que significa un aumento cercano al 5% con respecto al 2005.

3.1.1. Productores de Carbón Activado

En Chile actualmente existe una empresa que produce carbón activado. Esta es Petrochil S.A., esta planta inició sus operaciones el año 1993 y está ubicada en la sexta región y cuya capacidad instalada de producción es de 500 toneladas anuales. El carbón activado fabricado por Petrochil S.A. es producido utilizando como materia prima cuescos de duraznos¹², cuyo proveedor es la empresa Agrozzi, la cual produce frutas en conservas y que al año procesa 60.000 toneladas de duraznos y damascos en temporada¹³.

Petrochil además es el único exportador de carbón activado y su producción anual es de 500 toneladas anuales en los últimos años¹⁴ y recién el año 2005 comenzó a exportar.

Tabla 3.1.: Exportaciones de Carbón Activado (US\$ FOB)

Año	Exportaciones (US\$ FOB)
2005	2.981
2006	19.810

Fuente: www.prochile.cl

Según la base de datos de Prochile, los años 2002, 2003 y 2004 no registran exportaciones.

3.1.2. Importadores de Carbón Activado

Por otra parte, existen diversas empresas que importan y comercializan carbones activados. Estas empresas importan diferentes tipos de carbones activados ya que la producción en Chile no alcanza para cubrir la demanda interna y, en menor proporción, existen carbones que no son factibles de producir en Chile debido a que no existe disponibilidad de materia prima apropiada.

En Chile algunas de las aplicaciones son el uso en la recuperación de oro, el tratamiento de líquidos y bebestibles, purificación de aire y emisiones atmosféricas. Para estas aplicaciones el carbón activado de cáscara de coco es el que posee las cualidades que hacen que sea el preferido por las empresas que utilizan este producto.

Los niveles de importación alcanzados durante los últimos años, desde el 2001 hasta el 2006, se muestran en la siguiente tabla que indica la cantidad en toneladas, el precio por tonelada promedio durante dicho año, el valor total de

¹¹ Boletín Anual 2006, Banco Central

¹² Gonzalo Oviedo, Petrochil S.A.

¹³ Cristián Rubio, Empresas Carozzi S.A.

¹⁴ Gonzalo Oviedo, Petrochil S.A y www.prochile.cl

estas importaciones y el crecimiento porcentual de la cantidad importada por año:

Tabla 3.2.: Importaciones de Carbón Activado 2001 a 2006 (CIF)

	Cantidad (tons.)	Precio Promedio (US\$/Ton)	Valor (MM US\$)	Crecimiento (%)
2001	878	1847	1,62	-
2002	1035	1538	1,59	17,9%
2003	1142	1433	1,64	10,3%
2004	1404	1354	1,90	22,9%
2005	1272	1700	2,16	-9,4%
2006	1333	1526	2,03	4,8%

Fuente: Boletín de Comercio Exterior del Banco Central, www.bcentral.cl; Cámara de Comercio de Santiago: www.ccs.cl

El carbón activado importado a Chile proviene de diferentes países. Cada uno posee diferentes métodos de fabricación, diferentes tecnologías y diferentes materias primas, además de diferentes calidades (para diferentes usos), lo que hace la diferencia en los precios promedios de los carbones activados que ingresan al país. La siguiente tabla muestra los niveles de importación, desglosados por país de origen, para el año 2006. Estos datos fueron obtenidos de la página web del Centro Internacional de Comercio.

Tabla 3.3.: Origen del carbón activado importado por Chile, 2006. (Precio CIF)

Pais	Valor Importado (miles de US\$)	Cantidad (Toneladas)	Precio unitario (US\$/ton)
EE.UU	436	176	2.477
México	409	330	1.239
Reino Unido	348	227	1.533
Holanda	131	54	2.426
Sri Lanka	53	22	2.409
China	45	42	1.071
Italia	41	7	5.857
Filipinas	35	25	1.400
Canada	25	14	1.786
España	23	10	2.300
Total	1.902	1.403	1.356

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio (trademap.org)

No existen datos de importaciones que desglose según calidades y tipos de carbón activado. Los datos disponibles consideran todos los tipos de carbones activados sin diferenciar su calidad, por lo que no es posible establecer en base a estos estudios diferencias entre precios y calidades.

3.2. Competencia e Industria Internacional

3.2.1. Mercado e Industria Nacional

Como ya se ha mencionado, existe solo una planta productora de carbón activado en Chile ubicada en la localidad de Rengo en la VI región. Su capacidad de producción alcanza las 500 toneladas anuales. Además de producir carbones activados en diferentes granulometrías Petrochil también

importa carbones activados que no son económicamente rentables de fabricar en Chile.

3.2.2. Mercado e Industria Internacional

En Chile el mercado del carbón activado está poco desarrollado, dado los niveles de importaciones y exportaciones mostrados, a lo que se agrega el poco conocimiento acerca de los usos y beneficios de este producto y sus procesos en nuestro país. Es por esto que existe la oportunidad de dar a conocer este producto y buscar mercados dentro de Latinoamérica, incluido Chile, especialmente países donde la minería aurífera representa una actividad importante, a quienes podría interesarles el producto ofreciéndoles precios competitivos. El bajo costo de la materia prima permitiría comercializar este producto a precios competitivos, lo que representaría una oportunidad para entrar a diversos mercados.

A nivel latinoamericano existen algunas plantas productoras de carbón activado, siendo México el principal productor de la región donde las principales empresas son Clarimex (con plantas en México y Brasil), Carbonapelsa, y Carbotecnia. Por otra parte desde 1997 Ecuador posee una planta perteneciente a la compañía Ekokarbones, cuya capacidad es de 800 toneladas anuales, la cual actualmente produce principalmente carbones activados granulares utilizando como materia prima la cáscara de coco¹⁵. En Chile, desde 1993 Petrochil posee la única planta existente en el país, cuya capacidad es de 500 toneladas anuales.

Durante el año 2006 la empresa argentina Cotagro, instaló una planta de carbón activado en Córdoba con una capacidad de 1.200 toneladas anuales, utilizando como materia prima la cáscara de maní.¹⁶

3.2.3. Principales Productores y Exportadores de Carbón Activado

El mercado mundial del carbón activado alcanza los 500 millones de dólares, y los principales productores se encuentran en Europa, Norteamérica y Asia, utilizando diferentes tecnologías, materias primas y procesos para su fabricación, razón que podría explicar las diferencias en precios que se observan. La información ha sido obtenida de la base de datos del Centro Internacional de Comercio, ubicado en Suiza. Lamentablemente los datos para el año 2006 aún no se encuentran disponibles, y para algunos países incluso no es posible obtener datos del año 2005.

El único país latinoamericano dentro de los grandes productores y exportadores de carbón activado es México cuyos niveles de exportaciones para el año 2005 alcanzaron los 2 millones de dólares, lo que representa una cantidad cercana a las 2.500 toneladas. China es el principal exportador mundial de carbón activado, alcanzando en el 2005 la cantidad de 218 mil toneladas, lo que representa casi el 50% del total mundial, hecho que podría

¹⁵ Carlos López, Gerente General Ekokarbones, Ecuador.

¹⁶ <http://www.camaradelmani.com.ar/site/index.asp?IdSeccion=295>

explicarse dado el bajo costo de este producto proveniente de China. Los principales exportadores de carbón activado en el mundo se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3.4.: Principales exportadores de carbón activado (Valores CIF).

Países Exportadores	Año 2005			Año 2004		
	Valor (miles de US\$)	Cantidad (toneladas)	Valor unitario (US\$/ton)	Valor (miles de US\$)	Cantidad (toneladas)	Valor unitario (US\$/ton)
Mundial	480.801	425.307	3.292	505.995	238.528	2.577
China	129.338	218.355	592	117.895	-	-
EE.UU.	94.074	49.394	1.905	60.609	46.797	1.295
Japón	59.792	10.295	5.808	63.692	10.474	6.081
Filipinas	44.544	33.843	1.316	41.454	32.710	1.267
Reino Unido	36.647	17.035	2.151	32.549	14.174	2.296
Francia	32.282	28.722	1.124	28.255	21.310	1.326
Alemania	28.880	14.282	2.022	31.120	13.535	2.299
Indonesia	16.303	25.671	635	12.387	16.075	771
Italia	9.426	6.485	1.454	7.587	5.114	1.484
Austria	4.428	2.329	1.901	4.352	2.303	1.890
Canadá	3.536	713	4.959	2.925	541	5.407
México	2.874	2.466	1.165	3.530	5.760	613
Suecia	2.757	2.275	1.212	2.588	2.281	1.135
Australia	2.472	7.003	353	2.742	4.389	625
Grecia	2.394	415	5.769	3.068	496	6.185
Hong Kong	2.197	2.539	865	2.107	2.399	878
Sud África	2.022	992	2.038	1.224	657	1.863
Fed. Rusa	1.925	1.007	1.912	1.633	869	1.879
Suiza	1.285	490	2.622	979	294	3.330
Singapur	1.282	524	2.447	490	308	1.591
Corea del Sur	1.147	135	8.496	1.643	566	2.903
Dinamarca	912	48	19.000	956	80	11.950
Finlandia	167	29	5.759	187	23	8.130
Croacia	72	252	286	20	239	84
Irlanda	39	5	7.800	-	-	-
Nva. Zelanda	6	3	2.000	4	1	4.000
Estonia	-	-	-	48	15	3.200
Luxemburgo	-	-	-	48	12	4.000
Holanda	-	-	-	24.487	10.134	2.416
Sri Lanka	-	-	-	17.020	16.578	1.027
Malasia	-	-	-	12.644	15.870	797
India	-	-	-	8.146	9.689	841
Tailandia	-	-	-	7.532	-	-
Vietnam	-	-	-	1.860	-	-
Brasil	-	-	-	1.843	2.850	647
Taiwán	-	-	-	1.594	746	2.137
Polonia	-	-	-	857	1.239	692

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio, www.trademap.org

China, Estados Unidos y Japón representan a los principales exportadores mundiales de carbón activado. En la tabla se muestra el valor de las exportaciones en miles de US\$, la cantidad exportada en toneladas y el precio promedio por tonelada, todos los datos para el año 2004 y 2005.¹⁷

China es el principal exportador de carbón activado, seguido por Estados Unidos, quienes en conjunto suman una cantidad de 267.000 toneladas exportadas, lo que representa más de la mitad de las exportaciones de carbón activado a nivel mundial. China posee el 51% de las exportaciones a nivel mundial (medido en toneladas) sin embargo sus ingresos en miles de US\$

¹⁷ Base de datos del Centro Internacional de Comercio, www.trademap.org

representan solo al 27%. No así Estados Unidos quien posee el 12% del volumen del mercado en toneladas y el 20% de ingresos. Los datos anteriores corresponden a las exportaciones de carbón activado en todas sus variedades, sin importar la calidad y especificación del producto. Las entidades encargadas de registrar estadísticas de comercio estiman las exportaciones e importaciones de carbón activado para todo tipo de usos y de todo tipo de material como un conjunto, por lo que no existen datos oficiales disponibles desglosados según calidad del producto.

La diferencia de precios que se observa en la tabla anterior se debe principalmente a las diferentes calidades del carbón activado. Estas diferencias de calidad están determinadas por los métodos de fabricación que se utilicen y por las calidades obtenidas a partir de los diferentes procesos de fabricación y materias primas. Por ejemplo, en países asiáticos utilizan métodos más rudimentarios para fabricar carbón activado, existen muchos campesinos que producen carbón en tambores diseñados por ellos mismos, además de existir fábricas de carbón activado. En cambio en Norteamérica y en los países europeos poseen grandes empresas dedicadas exclusivamente a la producción de carbón activado, utilizando mejores tecnologías y mayores recursos en la investigación y desarrollo de mejoras en calidades y métodos de fabricación de carbón activado. Entre las empresas más importantes se encuentran CPL Carbon Link Group en Alemania y Reino Unido; Calgon Carbons Corporations en EEUU; Chemviron Carbon en Bélgica, Francia, Reino Unido y Alemania; Activated Corp en EEUU; entre otras (Fuente: Sitios Web de las empresas mencionadas)

3.3. Consumidores e Importadores de Carbón Activado

3.3.1. Consumidores

El carbón activado posee diversas aplicaciones, lo cual permite tener una amplia gama de potenciales clientes. Además el interés de las industrias por reducir sus índices de contaminación ha incentivado a buscar alternativas dentro de las cuales se encuentra la aplicación de métodos que utilizan carbón activado. De acuerdo a publicaciones y bibliografía, el carbón activado fabricado a partir de cuescos de durazno puede ser utilizado en la purificación de líquidos y en la minería, no descartando otras aplicaciones ya mencionadas, teniendo características similares al carbón activado fabricado a partir de cáscaras de coco y nuez. En Latinoamérica existe una gran cantidad de mineras, de oro y plata, quienes representan potenciales clientes.

El mercado objetivo del proyecto apunta principalmente a Latinoamérica, dado que por el bajo costo de las materias primas se podrían ofrecer precios competitivos y menores costos de transporte. Además, países con una importante participación en la minería aurífera como Perú, Chile y Brasil representan potenciales clientes, dado que, como este tipo de carbón activado puede ser aplicado en algunos métodos utilizados en el proceso de extracción de oro en yacimiento de baja ley.¹⁸ Perú es el principal productor de oro en

¹⁸ Alvarez M., Ximena.

Latinoamérica y el octavo más importante a nivel mundial. Además, el hecho que Chile y Perú sean países vecinos representa una oportunidad de crear una ventaja con respecto a otros países basada en menores costos de transportes.

A continuación se muestran los datos obtenidos de las importaciones de países de Latinoamérica, utilizando como fuente el Centro Internacional de Comercio.

Tabla 3.5: Importaciones latinoamericanas durante el año 2005. Precios FOB.

<i>Pais</i>	<i>Valor importado (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (toneladas)</i>	<i>Precio promedio (US\$/ton)</i>
Mexico	12.278	5.142	2.388
Brasil	7.891	4.432	1.780
Argentina	6.069	3.457	1.756
Venezuela	3.872	2.470	1.568
Chile	2.162	1.272	1.700
Peru	1.838	1.153	1.594
Colombia	1.178	899	1.310
Ecuador	841	509	1.652
Costa Rica	531	347	1.530
Bolivia	450	286	1.573
Uruguay	236	205	1.151
Panamá	162	68	2.382
Paraguay	95	57	1.667
TOTAL	37.603	20.297	1.853

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Tabla 3.6: Importaciones de Latinoamérica durante el año 2004. Precios FOB.

<i>Pais</i>	<i>Valor Importado (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (Toneladas)</i>	<i>Precio unitario (US\$/ton)</i>
México	11.933	4.973	2.400
Brasil	6.731	3.178	2.118
Argentina	4.593	2.531	1.815
Venezuela	3.289	2.215	1.485
Chile	1.902	1.403	1.356
Perú	1.629	1.046	1.557
Colombia	1.201	935	1.284
Ecuador	615	393	1.565
Costa Rica	540	558	968
Panamá	251	210	1.195
Uruguay	193	152	1.270
Bolivia	186	114	1.632
Paraguay	106	76	1.395
Total	33.169	17.784	1.541

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Se observa que entre el año 2004 y 2005 hubo un crecimiento de 14,13% en las importaciones de carbón activado. En el Anexo 2.1. se muestran los detalles para los principales países latinoamericanos importadores de carbón activado: México, Perú, Chile, Brasil y Argentina, donde se detalla la procedencia del carbón activado importado por cada uno de los países señalados. De esta forma es posible tener una idea de qué tipo de carbón activado consume cada uno de ellos y a qué precios adquieren este producto.

Centrándose en los principales países de la región - esto es, México, Argentina, Brasil, Perú, Venezuela y Chile - se puede observar que las importaciones de estos 6 países alcanzaron las 17.900 toneladas, representando cerca de un 88% del total de importaciones de la región para el año 2005. Para el año 2004 estos 6 países importaron un total de 15.340 toneladas, representando cerca de un 86% del total de importaciones de Latinoamérica. No existen datos disponibles para el año 2006, pero se estima que el nivel de importaciones para Latinoamérica llegó a las 22.000 toneladas, presentando un crecimiento cercano a un 8,3% con respecto al año 2005.

3.3.2. Principales Importadores de Carbón Activado

En la siguiente tabla se muestra el valor de las importaciones en miles de US\$ CIF, la cantidad importada por cada país en toneladas y el precio por tonelada promedio registrado por cada país. Principalmente Europa y Asia son los grandes importadores de este producto. A nivel latinoamericano México es el único país dentro de la lista.

Tabla 3.7.: Principales importadores de carbón activado (Valores CIF)

Países Importadores	Año 2005			Año 2004		
	Valor (miles de US\$)	Cantidad (toneladas)	Valor unitario (US\$/ton)	Valor (miles de US\$)	Cantidad (toneladas)	Valor unitario (US\$/ton)
Estimación	529.599	411.444	1.968	508.048	424.490	1.955
Japón	82.776	82.177	1.007	89.209	89.372	998
EE.UU.	78.623	78.683	999	75.500	66.844	1.129
Alemania	57.076	35.372	1.614	58.700	28.205	2.081
Bélgica	41.246	32.653	1.263	36.482	27.358	1.334
Francia	38.672	28.772	1.344	28.255	21.310	1.326
Corea del Sur	38.569	31.094	1.240	38.924	32.145	1.211
Italia	36.250	28.794	1.259	32.587	27.589	1.181
Reino Unido	30.883	22.823	1.353	25.915	28.067	923
Canadá	20.043	11.854	1.691	21.208	9.496	2.233
China	18.714	6.355	2.945	18.013	-	-
México	12.278	5.142	2.388	11.933	49.736	240
Australia	10.728	7.883	1.361	6.799	5.528	1.230
Suiza	10.098	3.831	2.636	11.768	4.615	2.550
Fed. Rusa	9.379	5.579	1.681	7.523	4.419	1.702
Sud África	8.411	7.501	1.121	8.716	6.580	1.325
Suecia	5.868	4.527	1.296	5.190	5.215	995
Finlandia	4.737	1.922	2.465	3.816	1.814	2.104
Austria	4.266	2.576	1.656	5.572	3.478	1.602
Hong Kong	3.683	3.685	999	3.913	3.018	1.297
Dinamarca	3.645	1.457	2.502	4.414	1.905	2.317
Indonesia	2.481	1.910	1.299	2.069	1.528	1.354
Singapur	2.425	1.323	1.833	2.629	1.359	1.935
Nueva Zelanda	1.696	1.354	1.253	1.108	808	1.371
Irlanda	1.598	461	3.466	1.541	429	3.592
Grecia	1.574	1.131	1.392	1.992	1.321	1.508
Kyrgystan	871	336	2.592	1.292	537	2.406
Senegal	577	300	1.923	242	101	2.396
Croacia	447	245	1.824	838	199	4.211
Jordania	365	788	463	315	711	443
Armenia	310	210	1.476	143	96	1.490

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

3.4. Demanda del Mercado

Tal como se ve en los datos del estudio de mercado, la demanda en Chile se puede estimar de la siguiente manera: Importaciones más (+) Producción menos (-) Exportaciones realizadas durante cada período. Se tienen los siguientes datos disponibles:

Tabla 3.8.: Consumo chileno estimado.

Año	Producción (ton/año)	Importaciones (ton/año)	Exportaciones (ton/año)	Total (ton/año)
2006	500	1.333	20	1.812
2005	500	1272	0	1.772
2004	500	1.403	21	1.882
2003	500	1.253	55	1.698

Se tomará como supuesto, en base a la información entregada por Petrochil, que la producción anual es de 500 toneladas, es decir, la capacidad de sus instalaciones.

3.5. Disponibilidad de Materia Prima

La materia prima utilizada para la fabricación de carbón activado será el cuesco de durazno el cual, dada sus características, tiene un potencial que permitiría la fabricación de un producto de buena calidad y aplicable en la minería aurífera y en el tratamiento de aguas residuales, líquidos y bebestibles¹⁹. Además, en Chile existe disponibilidad de materia prima, principalmente en la zona central del país donde se concentra casi la totalidad de plantaciones de duraznos y damascos²⁰.

En Chile, existen más de diez empresas que fabrican productos a partir de duraznos y/o damascos, quienes representan a los potenciales proveedores de materia prima. Durante el año 2003, la producción nacional de duraznos conservados fue de 42.000 toneladas.²¹

Según datos del año 2004, obtenidos de la página Web de la ODEPA, en Chile se tiene la siguiente distribución de los cultivos de duraznos:

- Región Metropolitana: 3.341,8 hectáreas
Kilos embalados de duraznos (2004): 27.303.914 Kg.
- V región: 3.283,5 hectáreas
Kilos embalados de duraznos (2004): 4.792.018 Kg.
- VI región: 5.976,1 hectáreas
Kilos embalados de duraznos (2003): 27.877.584 Kg.

¹⁹ Álvarez M., Ximena.

²⁰ SAG, www.sag.cl

²¹ INDAP.

Del total de estas plantaciones, aproximadamente 8.000 hectáreas corresponden a duraznos conserveros.²²

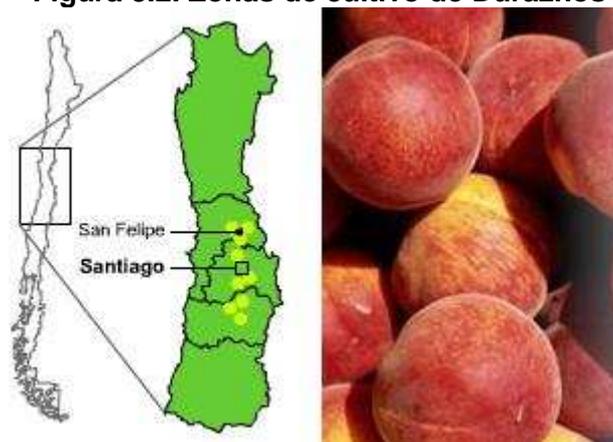
Las siguientes empresas producen y procesan duraznos en diferentes categorías, ya sea en conservas, en trozos o cualquier otro producto donde el hueso debe ser extraído del durazno.²³

- Conservera Pentzke (Región Metropolitana)
- Conservas Centauro (V Región)
- Aconcagua Foods (Región Metropolitana)
- Agrofrut Rengo (VI Región)
- Alimentos Wasil (Región Metropolitana)
- Frutos del Maipo
- Frigoditzler (Región Metropolitana)
- Watt's
- Agrozzi
- Del Curto

El cronograma de cosecha para el durazno abarca el período entre Diciembre y Abril.²⁴ Por lo tanto se debe tener en cuenta que la disponibilidad de materia prima no se extiende a todo el año, sino que solamente se limita a la temporada de cosechas de este fruto, periodo en el cual las empresas conserveras lo procesan y extraen el hueso para desecharlo. Por lo tanto habrá que tener en cuenta que para contar con un stock de materia prima para todo el año se debe recolectar la cantidad necesaria durante el periodo que va de Diciembre a Abril aproximadamente.

Las plantaciones de duraznos se encuentran en la zona central del país, específicamente en las V, VI y Región Metropolitana. Las zonas donde se cultivan los duraznos se muestran en la siguiente figura:

Figura 3.2. Zonas de cultivo de Duraznos



Fuente: Aconcagua Foods

²² ODEPA. www.odepa.cl

²³ Chile Alimentos www.chilealimentos.cl y www.amarillas.cl

²⁴ Aconcagua Foods, www.aconcaguafoods.cl

3.5.1. Volúmenes de Producción y Disponibilidad de Materia Prima de Algunas Empresas Conserveras.

Durante la etapa del estudio de la disponibilidad de materia prima se concretaron reuniones o se contactaron vía correo electrónico a algunas empresas conserveras para obtener información acerca de sus niveles de producción y la cantidad de cuescos que desechan y el uso alternativo que se le da a esta materia. Se estima, de acuerdo a los datos obtenidos por los encargados de las distintas empresas que el cuesco de durazno representa un 10% del durazno entero.

Cabe señalar que para retirar estos cuescos se debe tener autorización del SESMA y especificar mediante una declaración si se retiran como desecho o para darle uso alternativo. En este último caso se debe firmar un contrato con la empresa y especificar en cada salida de los camiones el origen, destino y tipo de desecho sólido.

En la siguiente tabla se muestran los datos obtenidos a partir de la información entregada por algunas compañías conserveras donde se puede apreciar la cantidad de cuescos de duraznos desechados anualmente por cada una de ellas, y además el precio al que ofrecen estos desechos para su uso alternativo:

Tabla 3.9.: Datos entregados por algunas conserveras. Año 2006

Empresa	Cantidad Procesada por año (toneladas)	Disponibilidad de Cuescos (toneladas)	Precio (\$/Kg)
Agrozzi	60.000	6.000	15
Aconcagua Foods	28.000	2.800	5
Wasil	4.000	400	5
Frutos del Maipo	1.000	100	0
Frigoditzler	120	12	5
TOTAL	93.120	9.312	6

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en las empresas conserveras

En el Anexo 2.2. se detallan los datos de cada empresa y además se detalla información de la ubicación de cada una de estas conserveras.

De acuerdo a los datos obtenidos, se estima que la disponibilidad de materia prima es superior a las 7.000 toneladas anuales (descontando la materia adquirida por la otra compañía, la cual se estima en 2.000 toneladas), por lo que es posible concluir que existe disponibilidad de cuescos suficiente para la fabricación de carbón activado en los niveles de producción que se proyectan para la planta.

Dado que la cosecha y producción de duraznos sólo se da durante un período determinado del año - entre Diciembre y Marzo - la adquisición de los cuescos de estos carozos se deberá llevar a cabo solamente en dicho período de tiempo debido a que las empresas conserveras desechan diariamente los cuescos los cuales deben ser recolectados con una frecuencia de uno o dos días, por lo tanto se hace necesario habilitar un espacio donde almacenar estos cuescos de manera de mantener un stock para todo el año.

Capítulo 4: Estudio Técnico

4.1. Calidades

Los cuescos de frutas poseen un gran potencial para obtener productos de buena calidad y aplicables en diferentes industrias y procesos (ver tabla 1.1. del capítulo 2). De acuerdo a experimentos realizados utilizando cuescos de duraznos y vapor de agua como agente oxidante se puede obtener carbón activado con un índice de yodo de 900 mg/gr²⁵, pudiendo llegar incluso a los 1.100 mg/gr. Por otra parte, el área específica que se puede obtener es superior a los 800 m²/gr, con un poder de adsorción de un 69%²⁶, parámetros que pueden ser obtenidos bajo ciertas condiciones de temperatura, tiempo de residencia del material en el horno y agente oxidante utilizado²⁷. Para efectos de cálculos, las variables que se utilizarán en este trabajo serán las obtenidas del trabajo realizado por Ximena Álvarez.

La calidad de los carbones activados queda determinada por su capacidad de adsorber partículas. Los factores que determinan la capacidad de adsorción son principalmente:

- El tiempo de activación: El tiempo que dure este proceso determina la calidad del carbón activado. Para determinar el tiempo óptimo con el cual se obtiene un mayor poder de adsorción, se deben realizar experimentos de laboratorio.
- La materia prima utilizada: Existen materias primas que entregan un carbón activado de mejor calidad que otras. Estas son principalmente cáscaras de coco, maní y nuez; cuescos de frutas, principalmente carozos como duraznos, damascos, ciruelos, entre otros.
- La temperatura del proceso.
- El agente oxidante utilizado: El más común es el uso de vapor de agua como oxidante.
- Los métodos de fabricación: Existen métodos más rudimentarios, como los utilizados en los países asiáticos por campesinos, y otros más modernos, donde se utilizan tecnologías que permiten estar constantemente desarrollando nuevas oportunidades de mejoras de calidad, como ocurre en las grandes empresas presentes en Europa y Norteamérica.

VARIABLES como la temperatura, el tiempo de activación y el agente oxidante utilizado pueden ser controladas con el fin de obtener diversos carbones con distintas capacidades de adsorción. En base a experimentos a nivel de laboratorio y luego a nivel de planta se pueden encontrar los parámetros

²⁵ Experimentos realizados por Félix Susaeta, Ingeniero Civil Químico.

²⁶ Álvarez, Ximena.

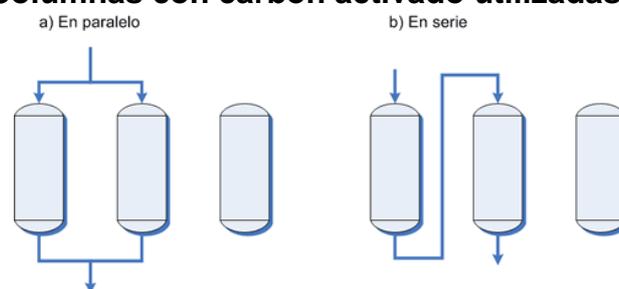
²⁷ Para efecto de cálculos, se utilizarán los parámetros del trabajo de Ximena Álvarez

óptimos para obtener un producto de alta calidad y aplicable en diversas áreas de la industria.

4.1.1. Carbones Activados para la Minería

En minería la alternativa preferida por las operaciones en yacimientos de oro y plata de baja ley es la adsorción con carbón activado. Este se utiliza para recuperar el oro contenido en soluciones originadas en los procesos de cianuración, entre los que figura el de lixiviación en pilas, carbón en pulpa (CIP) y carbón en lixiviación (CIL). En estos procesos la solución es impulsada por bombas a través de columnas de carbón activado como se ve en la figura 4.1. El oro y la plata de la solución son adsorbidos por el carbón, y luego son separados de éste por un tratamiento con soda cáustica caliente.²⁸

Figura 4.1.: Columnas con carbón activado utilizadas en la minería.



Fuente: Portal Minería Chilena www.mch.cl

De acuerdo a lo investigado tanto en publicaciones como en conversaciones con personas del rubro minero tanto de Chile como de Perú, Ecuador, México y Argentina, el carbón activado usualmente utilizado para este proceso es el carbón activado granular, y entre los números de malla preferidos se encuentran: malla 6x12, esto quiere decir que el tamaño de gránulo del 90% del carbón activado está entre 3,36 mm y 1,69 mm, el restante 10% puede estar fuera de estos rangos; 6x20 (granulometría entre 3,36 mm y 0,85mm) y 8x30 (granulometría entre 2,38 mm y 0,85mm), existiendo otras granulometrías en el mercado²⁹. Los carbones más usados son los fabricados a partir de la cáscara de coco, de maní y el cuesco de carozos debido a su dureza y mayor poder adsorbente. El carbón activado fabricado a partir de la concha o cáscara de coco es similar al obtenido a partir de cuescos de duraznos. El índice de yodo necesario para esta aplicación es de 950 mg/gr y un 5% de cenizas³⁰.

De acuerdo a investigaciones realizadas las siguientes empresas utilizan carbón activado para la recuperación de minerales:

- Minera Refugio (Chile)
- Barrick: Minera Pierina (Perú)

²⁸ Información obtenida de diversas publicaciones y artículos a través de páginas Web como www.mch.cl (minería chilena), portales de mineras, entre otras fuentes.

²⁹ Conversaciones con Juan Quispe, empresario minero de Perú (pequeña minería y en la minería artesanal); Carlos López, Gerente General EcoKarbones, Ecuador; Gonzalo Oviedo, Gerente de división carbones de Petrochil S.A y Elvio Cerutti, Jefe de comercialización área de carbones activados, Cotagro, Argentina.

³⁰ Información obtenida a través de las cotizaciones realizadas.

- Minera Yanacocha y Minera Tamboraque(Perú)
- Cerro Vanguardia (Argentina)
- Mantos de Oro: Mina La Coipa (Chile)
- Minera Queiroz (Brasil)
- Grupo Peñoles y Grupo Immsa (México)
- Minera BellaRica y Minera Quebrada Fría (Ecuador)
- Pequeña minería de Chile, Perú, Ecuador, Argentina, México y Brasil.

Los niveles de consumo de carbón activado de Minera El Refugio alcanzan las 13 toneladas diarias de carbón activado³¹. El carbón activado es reutilizado hasta un máximo de 20 veces. El consumo anual de Minera Refugio varía entre 100 y 130 toneladas anuales de carbón activado granular y su producción de oro llega a unas 250.000 onzas anuales. En el caso de Minera Queiroz de Brasil el consumo de carbón activado es de aproximadamente 25 toneladas anuales. Minera Yanacocha, ubicada en Perú, posee 3 plantas de columnas de carbón activado cuya capacidad total es de 8.600 m³/hr.

Para tener una idea del nivel de consumo de carbón activado se presenta una tabla donde se compara la producción de oro de las mineras que utilizan carbón activado granular. Debido a la dificultad para acceder a la información de niveles de consumo de cada minera, se estimó el consumo de las mineras marcadas con (*) en base a la información entregada por las otras mineras, asumiendo que existe una proporción entre la cantidad de onzas recuperadas anualmente y la cantidad de carbón activado necesario para su recuperación

Tabla 4.1.: Producción de oro y estimaciones de consumo de carbón activado.

Minera	Onzas anuales	Consumo estimado (toneladas/año)
Refugio	250.000	100
Coipa	300.000	120*
Pierina	600.000	240*
Yanacocha	650.000	260*
Tamboraque	35.000	15*
Cerro Vanguardia	230.000	80
Queiroz (Brasil)	80.000	25

Fuente: Elaboración propia en base a investigación a las respectivas mineras

Se estima que el consumo anual de las mineras latinoamericanas que usan carbón activado supera las 800 toneladas anuales, sin considerar mineras de las cuales no se pudo obtener ninguna información (por ejemplo, Grupo México, Grupo Immsa, pequeña minería en Perú, Chile, México y Brasil, entre otros).

4.1.2. Carbones Activados para Tratamiento de Líquidos y Aguas Residuales³²

Para la mayoría de los sistemas de tratamiento de aguas residuales industriales, comerciales y municipales, el carbón activado granular se utiliza

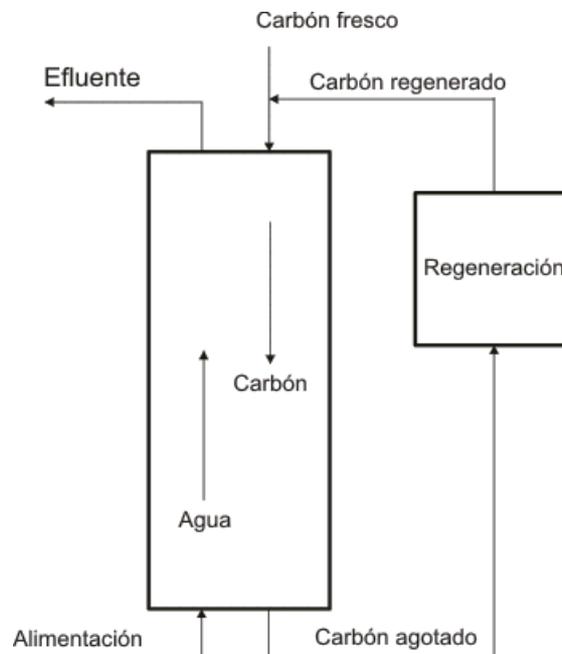
³¹ Datos entregados por minera Refugio.

³² Aquamarket, empresa del rubro de productos para tratamientos de aguas.

en una operación de columna y la corriente del líquido se pasa a través de la cama o columna un flujo descendente o, en situaciones especiales, en el modo de flujo ascendente. Este tipo de carbón activado puede ser utilizado en la industria alimenticia, bebestibles y en las plantas de agua potable. El índice de yodo necesario para estas aplicaciones tiene un rango entre 600 y 800 mg/gr, normalmente de 700 mg/gr.³³

El agua a tratar se hace pasar a través de un lecho de material adsorbente en estado granular. El adsorbente saturado se sustituye o se regenera. Una columna típica se esquematiza en la figura 4.2. El agua se introduce por la parte superior o inferior de la columna saliendo por el lado contrario. El carbón se mantiene en su lugar por medio de una rejilla en el fondo de la columna. Tales columnas pueden operar solas, en serie o también en paralelo. El carbón consumido se va sustituyendo en forma continua por nuevo carbón.

Figura 4.2.: Proceso de Tratamiento de Aguas en Columnas con Carbón Activado



Fuente: Global Waters Technologies Group

En general, y de acuerdo a la información obtenida por opinión de expertos, el carbón activado granular representa a gran parte del consumo debido a que este producto posee un mayor número de aplicaciones que el carbón activado en polvo cuya demanda es más baja. Por esto, actualmente el GAC es más demandado que el PAC (carbón activado en polvo) dado que posee una mayor cantidad de aplicaciones. Sin embargo el GAC es más caro que el GAP.

En el Anexo 3.1 se adjunta una lista de empresas que utilizan carbón activado para filtros de tratamientos de aguas y/o para su comercialización en estas aplicaciones. Esta lista fue elaborada y facilitada por Induagua Ltda.

³³ Compañía de carbones activados Carbonapelsa, México.

4.1.3. Otras Aplicaciones

Dado que el carbón activado posee una gran capacidad de adsorción, no se descartan otras aplicaciones que permitirían abarcar un rango más amplio de mercado, como por ejemplo la retención de contaminante de diversos fluidos, eliminación de olores, purificación de medicamentos y bebidas alcohólicas. Los diferentes tamaños de gránulos de este producto pueden ser obtenidos en el proceso de chancado secundario, el cual permitirá obtener diferentes granulometrías de acuerdo a las necesidades de cada cliente.

Según cotizaciones realizadas, los precios de carbones activados para uso en minería y en tratamiento de aguas puede variar entre US\$ 1.800 y US \$2.300, dependiendo de la materia prima utilizada y del área específica lograda. Estos carbones son los más básicos, es decir que no poseen tratamientos especiales. Existen carbones más caros, superando en precio los US\$ 4.500 por tonelada. Esto se debe a que son carbones que poseen tratamientos especiales, por ejemplo impregnaciones de plata metálica (con rangos entre un 0,1% y 1%). En el Anexo 3.2. se muestran los precios obtenidos en base a cotizaciones a diversas empresas productoras de carbón activado.

En base a la información obtenida, se concluye que el carbón activado a partir del cuesco de durazno posee el potencial necesario para obtener las calidades requeridas para el uso en minería y en el tratamiento de líquidos, pues a partir de esta materia prima se pueden obtener un índice de yodo de 1.000 mg/gr y superior.

Dado el potencial que posee el cuesco de durazno como materia prima, se contará con un laboratorio donde se realizarán controles de calidad y se buscarán los parámetros necesarios que se ajusten a las necesidades de cada cliente de manera de producir diferentes calidades. Previo a la fabricación del carbón activado en escala industrial, se aplicará en escala de laboratorio. Con esto se pretende adquirir el know-how necesario para estar capacitados para producir diferentes tipos de carbón activado.

4.2. Capacidad y Localización de la Planta

La capacidad y localización de la planta son factores muy importantes ya que el éxito o fracaso de la operación de la instalación depende en gran medida de estas decisiones.

4.2.1. Capacidad Instalada de la Planta

Como se desprendió del estudio de mercado, el mercado del carbón activado en Chile ha alcanzado las 1.800 toneladas anuales en los últimos 4 años, donde las importaciones representan cerca del 70% presentando un crecimiento entre un 5% y un 8% anual mostrando una tendencia creciente, excepto el año 2005, superando las 1.200 toneladas anuales. Además, el nivel de importaciones de Latinoamérica supera las 20.000 toneladas para el año 2005, donde los principales consumidores de este producto son México, Argentina, Brasil, Chile, Perú y Venezuela, quienes en conjunto alcanzan un

volumen cercano a 18.000 toneladas para ese mismo año, representando un 88% del total de importaciones de la región. La razón por la que se puede explicar que el nivel de importaciones sea cercano al 67% del consumo interno del país puede explicarse por 2 factores: principalmente debido a que en Chile existe solo una empresa que posee una planta cuya capacidad es de 500 toneladas anuales, por lo que el resto del carbón debe ser importado y, en menor medida, existen carbones activados que no son factibles de producir en Chile debido a la ausencia de materia prima disponible (es el caso de las aplicaciones en medicina, que necesita un carbón activado más específico).

Sobre la base de los datos mostrados en el estudio de mercado que hacen referencia a los niveles de importación y producción en Chile y los niveles de importación a nivel latinoamericano, los cuales llegan a las 20.000 toneladas el año 2005, y además sobre la base de que en la región existen varias plantas cuyas capacidades fluctúan entre las 500 y las 1.200 toneladas anuales se ha establecido considerar una capacidad para la planta de 800 toneladas al año lo que representaría aproximadamente el 4,5% del mercado del carbón activado de la región, considerando los principales países: México, Brasil, Argentina, Venezuela, Perú y Chile. La producción inicial de la planta será de 600 toneladas para el primer año de operación, representando el 30% del mercado nacional y aproximadamente al 3,5% del mercado latinoamericano.

4.2.2. Localización de la Planta

Muchos son los factores que intervienen en la determinación del emplazamiento más conveniente de una fábrica. Se debe buscar el mejor emplazamiento para evitar inconvenientes como el excesivo costo de transporte de las materias primas o de los productos finales, el inadecuado suministro de servicios públicos; las deficiencias de la eliminación de desperdicios o de otros servicios.

a) Abastecimiento de Materias Primas

Uno de los factores a considerar en la decisión de localización es la disponibilidad de materia prima cercana y accesible a la planta. Dado que la cantidad de materia prima es abundante y debe recolectarse durante el periodo de producción de duraznos (Diciembre a Abril) este factor es uno de los fundamentales a la hora de decidir la localización de la planta. La mayoría de las empresas conserveras, que son las que desechan estos cuescos se ubican en la zona central del país, y casi en su totalidad en la Región Metropolitana de Santiago, principalmente en la zona sur de la región.

b) Cercanía con los Mercados Consumidores

Por desgracia no se cuenta con la información que señale el consumo regional de carbón activado, pero una buena estimación se puede hacer asumiendo que el consumo de este producto se concentra en zonas mineras de oro y plata y en zonas industriales donde se realicen tratamientos de aguas y residuos. Lo mismo para Latinoamérica donde Perú es el principal productor de oro y

además existen otros países con grandes niveles de importaciones de este producto como Brasil, Argentina, México y Venezuela.

Dado que los consumidores se encuentran dispersos por varias regiones, y dado que la cantidad de producto final a transportar es mucho menor a la cantidad de materia prima necesaria para la producción de carbón activado, se le dará mayor importancia a la disponibilidad de materia prima para la decisión de localización de la planta.

c) Abastecimiento de Suministros

Como ya se mencionó, las regiones donde podría instalarse la planta son la V, VI y Región Metropolitana. En todas estas regiones hay disponibilidad de suministros de energía y agua necesaria para la instalación de una planta.

d) Clima

El clima en Chile presenta mayor estabilidad entre la IV y la VI Región, donde la oscilación térmica es menor, considerando que el almacenamiento de los cuscus debe ser en un lugar con poca humedad para evitar su descomposición.

e) Otros Factores

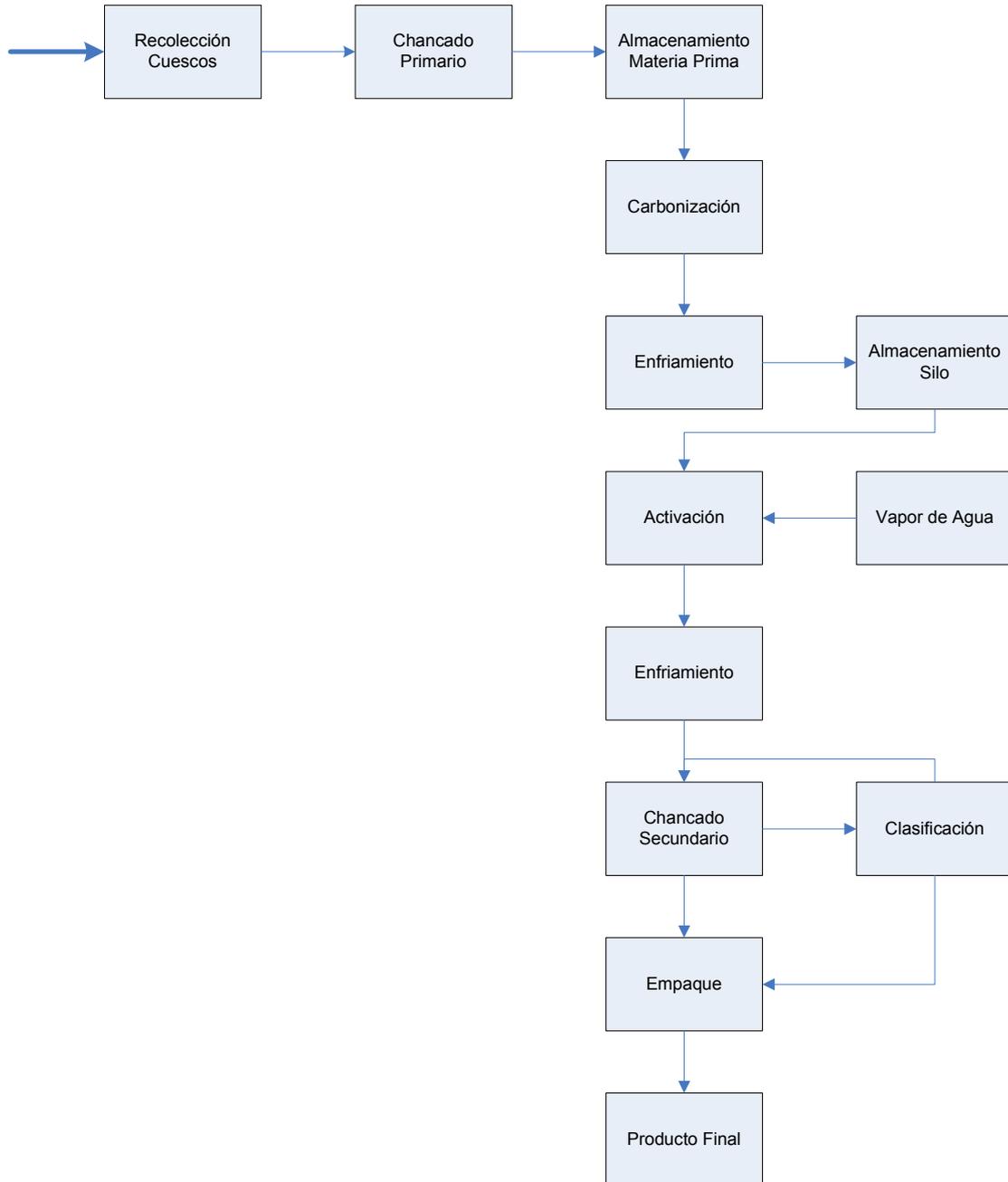
- Ubicando la planta cerca de grandes centros urbanos permite ubicar mano de obra calificada. Por tanto este aspecto privilegia a las regiones V y R.M. Además este mismo criterio beneficia criterios comunales como son la disponibilidad de casas para empleados y obreros, disponibilidad de escuelas y colegios, disponibilidad de hospitales y asistencia médica.
- Un factor estratégico es ubicar a la industria en una región cercana a una zona donde exista una alta concentración industrial. Por tanto las regiones V, VI, y Metropolitana son alternativas adecuadas para el proyecto.
- La existencia de carreteras, ferrocarriles y la cercanía a puertos son un factor importante. Tal vez la existencia de ferrocarriles y puertos puede marcar una diferencia en este sentido ya que todo el país, hasta la undécima región cuenta con buenas carreteras. El principal ferrocarril se presenta entre la Región Metropolitana y la Décima Región. Respecto a los puertos los principales están ubicados en Iquique, Antofagasta, Caldera, San Antonio, Valparaíso, Talcahuano, Puerto Montt y Punta Arenas.

De acuerdo a lo anterior las regiones V, VI y RM cumplen con las condiciones que permitirían instalar la planta, pero considerando como el factor más importante el acceso a la materia prima que representa una cantidad muy superior al producto final que se debe transportar, se optará por instalar la planta en la Región Metropolitana, más específicamente en la zona sur de Santiago, como San Bernardo o Puente Alto ya que en estas comunas la planta estaría ubicada cercana a las principales empresas conserveras que son Agrozzi, Frutos del Maipo y Aconcagua Foods.

4.3. Proceso

Para conocer el proceso de fabricación de carbón activado se buscó información en diversas fuentes. Se tomó como principales referencias la tesis “Obtención de carbón activado a partir de cuescos de frutas”, de Ximena Álvarez M., la información obtenida a partir de opiniones expertas de Félix Susaeta, ingeniero civil químico que ha realizado experimentos con cuescos de duraznos y la información proporcionada por Ekokarbones de Ecuador.

Figura 4.3.: Proceso de fabricación de carbón activado



Fuente: Elaboración propia

4.3.1. Recolección y Almacenamiento de la Materia Prima

Previo al proceso de producción se debe tener la suficiente materia prima disponible para alcanzar los niveles de producción que se proyectan. Dado que la producción de carozos se lleva a cabo durante la época desde Diciembre hasta Abril es necesario contar con un espacio físico que sea capaz de almacenar durante todo el año la materia prima que se utilizará.

De acuerdo a la opinión de expertos³⁴ los cuescos pueden ser pasados por un chancador, lo cual reduciría los niveles de restos de frutas y le daría al cuesco un tamaño de gránulo adecuado para ingresar al horno. También se debe considerar habilitar un espacio cerrado, para evitar plagas de avispas y abejas, y donde se mantenga un ambiente adecuado para evitar la descomposición de los cuescos producto de excesiva humedad. En general, los cuescos no necesitan un tratamiento previo ya que en la carbonización éstos son secados y se eliminan los restos que quedan de los cuescos (dentro de las pérdidas estimadas se considera todo esto).

El espacio físico mínimo requerido para el almacenaje de los cuescos se calcula de la siguiente forma:

Densidad aparente de los cuescos de carozos: 1,15 gr. /cc = 1.150 kg/m³
Cantidad de cuescos a almacenar: 2.700 toneladas = 2.700.000 kilogramos

Por lo tanto el volumen utilizado será de: $V = 2.348 \text{ m}^3$. Asumiendo una altura máxima de 2 metros para acumular materia prima, la superficie debe ser de 1.175 m² aproximadamente.

El almacenamiento será en una bodega de una altura superior a 3 metros cerrada y techada, para evitar el ingreso de agua producto de lluvias. Cabe recalcar que la materia prima pasará por un chancador primario al momento de llegar a la planta y luego ingresará a la bodega de almacenamiento de materia prima. Los residuos sólidos que sean desechados en esta etapa deben ser retirados periódicamente del recinto.

Para la recolección de la materia prima se necesitarán camiones cuya capacidad sea la adecuada para alcanzar a recolectar la cantidad necesaria de cuescos. Estos camiones recolectarán estos cuescos de las conserveras para llevarlos a la planta donde inmediatamente serán pasados por el chancador primario. Como supuesto se tendrá que los camiones adquiridos tendrán una capacidad de transporte de 10 toneladas, que cada viaje entre planta-conservera-planta durará entre 3 a 4 horas considerando viaje, carga y descarga del material, que se trabajará en la recolección de los cuescos durante 8 horas diarias durante 88 días hábiles, es decir, 4 meses descontando fines de semana. Con estos supuestos y realizando una serie de cálculos con la ayuda de Excel se obtuvo que el número óptimo de camiones es 2. Además estos camiones serán utilizados para el transporte del producto final hasta el

³⁴ Esteban Silva, Frutos del Maipo.

cliente o hasta el lugar de despacho y en el caso de que exista capacidad ociosa, se podrán arrendar a terceras personas.

Por otra parte se adquirirá un camión de menor tamaño que trabajará dentro de la planta transportando el material desde bodega hasta el horno durante el proceso de carbonización y que transportará el material sólido obtenido de la carbonización desde el silo de almacenamiento hasta el horno durante el proceso de activación. Este camión tendrá la capacidad para transportar el material necesario para un tiempo de 4 horas de operación. Al horno ingresarán aproximadamente 595 kilos por hora (los cálculos se detallan más adelante), por lo que durante un turno se deberá contar con aproximadamente 2,4 toneladas, por lo tanto el camión deberá tener esta capacidad mínima, el cual será cargado por una pala cargadora frontal.

4.3.2. Chancado de la Materia Prima

Antes de entrar al horno rotatorio los cuescos deben ser triturados en el chancador primario para darle un tamaño de gránulo adecuado, siendo éste entre 0,5 y 1 cm. Esta etapa será realizada durante el mismo período en el que se adquiere la materia prima. Todo el material que pase por el chancador será almacenado en una bodega, lugar que deberá poseer las condiciones necesarias para evitar la exposición a lluvias que pueda provocar la descomposición del material. Este proceso funcionará de la siguiente manera: el material recolectado por los camiones será descargado a una mesa de acumulación, desde donde los cuescos pasarán a través de una cinta transportadora, a medida que van llegando a la planta, hasta el chancador primario donde los cuescos serán triturados. El chancador funcionará durante un turno de 8 horas, finalmente los cuescos triturados serán almacenados en la bodega destinada a esto.

4.3.3. Carbonización³⁵

Cuando se utiliza como materia prima un material orgánico como los cuescos o cáscaras de frutas el proceso debe iniciarse con su carbonización. Dado que el cuesco de durazno es un material orgánico la producción de carbón activado se llevará a cabo mediante el proceso de activación física.

La materia prima que será procesada durante 4 horas se almacenará en una tolva, la cual dosificará el ingreso de la materia prima al horno rotatorio a través de un transportador de tornillo. Según recomendaciones de personas expertas se escogerá un periodo de 4 horas debido a que para períodos más largo (8 horas por ejemplo) el tamaño de la tolva sería muy grande, aumentando el costo de ésta y dificultando la factibilidad técnica de instalar una tolva de gran tamaño en altura. El ingreso del material a la tolva será a través de una cinta transportadora, la cual será cargada con cuescos utilizando una mesa de acumulación de material la cual será cargada manualmente desde el camión de transporte que operará en la planta.

³⁵ Álvarez M., Ximena.

Se utilizará el mismo horno para la etapa de carbonización y activación del material. Utilizándolo primero para carbonizar el material durante un período de tiempo y luego para activar el sólido resultante de la carbonización, y así sucesivamente.

La carbonización consiste en eliminar elementos como oxígeno y nitrógeno. Este proceso se realiza en una atmósfera en ausencia de agentes oxidantes para eliminar las sustancias volátiles y dejar un residuo carbonoso que será el que luego se someta a la activación.

Del horno sale el material sólido y además saldrá un flujo gaseoso compuesto de gases condensables y no condensables producto de la carbonización del material y de la quema de combustible, los cuales se detallan en el Anexo 5.3. El material sólido resultante de la carbonización pasa al enfriador para ser enfriado y luego almacenado en un silo de almacenamiento. En tanto los gases pasan al lavador de gases donde gases como H₂S, SO₂ y CO₂ son absorbidos y así se reducen las emisiones contaminantes al medio ambiente.

El propósito principal de la carbonización es producir una deshidratación y desvolatilización de los átomos de carbono. En la etapa de carbonización se obtiene como producto un residuo sólido que representa solo un 35% de la materia prima seca inicial. En la siguiente tabla se muestra la composición de los gases obtenidos de la carbonización del material.

Tabla 4.2.:
Promedio de los productos de la carbonización de cuercos de duraznos

Gases Condensables	Gases no Condensables	Residuo Sólido
43%	22%	35%

Fuente: "Obtención de Carbón activado", Ximena Álvarez

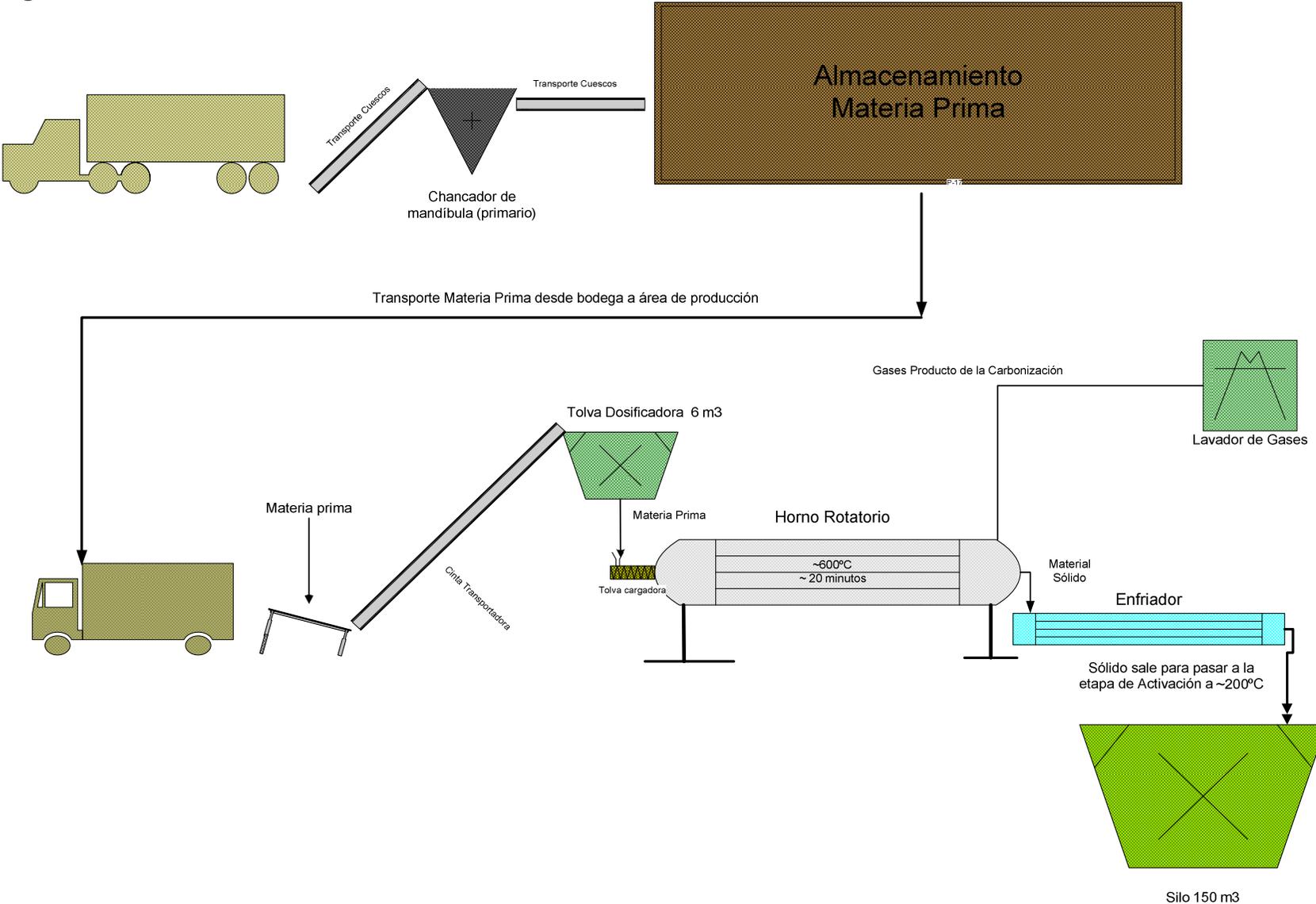
Se estima que la humedad de la materia prima es del 10%. Es decir del flujo de materia prima total un 90% es flujo de materia prima seca, de la cual el 35% se convierte en material sólido al final de la etapa de carbonización³⁶. En el enfriador se enfriará el material que sale del horno para luego ser almacenado en el silo.

El material debe ser enfriado utilizando un enfriador pues si se deja enfriar lentamente una parte del producto desaparecería en forma de CO₂, y el producto resultaría con una cantidad muy grande de óxidos superficiales, que lo afectarían negativamente en su calidad de adsorción³⁷. Además el material debe ser almacenado a medida que va saliendo del proceso de carbonización en un silo a la espera de entrar a la fase de activación. Los gases que saldrán del horno pasarán a un lavador de gases. La figura 4.2. muestra el esquema del proceso de carbonización.

³⁶ Álvarez M., Ximena.

³⁷ Global Water Technologies Group, planta ubicada en México.

Figura 4.4.: Proceso de Carbonización



Fuente: Elaboración propia en base a investigación en referencias ya mencionadas.

4.3.4. Activación

Luego de la carbonización se efectúa la activación, siendo esta la etapa más importante en la producción del carbón activado. En este proceso la materia carbonizada es convertida en una forma cristalina de carbón, desarrollándose una extensa área superficial y una estructura porosa de distintas formas y tamaños distribuidos al azar. La activación se realiza a altas temperaturas en presencia de agentes que actúan como oxidantes como vapor de agua, aire, dióxido de carbono o mezclas de estos gases, siendo el más común el vapor de agua.

El material sólido resultante de la carbonización se somete a una temperatura de 900°C en una atmósfera con un agente oxidante que en el este caso será vapor de agua. En estas condiciones, algunos átomos de carbón reaccionan y se gasifican en forma de CO₂ y otros se recombinan y condensan.

El agente oxidante actúa sobre las porciones más reactivas del carbón dando lugar a gases como CO, CO₂, H₂ y/u otros, dependiendo del agente oxidante empleado.

Tabla 4.3.: Composición de los gases obtenidos utilizando diferentes agentes oxidantes

Agente Oxidante	Composicion del gas obtenido (% en volumen)					
	H ₂	CO	CO ₂	CH ₄	N ₂	C ₂
Aire	16	20	12	2	50	-
Oxígeno	32	48	15	2	3	-
Vapor de agua	50	20	22	6	-	2

Fuente: Artículo sobre procesos de gasificación y pirólisis publicado por la Universidad de Zaragoza

El tiempo de activación depende de la calidad y cantidad del carbón activado que se quiere obtener. En general a mayor tiempo de activación el poder adsorbente aumenta, pero disminuye el rendimiento en cantidad.³⁸ La calidad del carbón, medida por la capacidad de adsorción, depende también de la temperatura del proceso. Se puede obtener carbones activados con índice de yodo superiores a 900 mg/g, utilizando como oxidante vapor de agua.

De acuerdo a bibliografía y opiniones de expertos las condiciones adecuadas para el proceso son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.4.: Parámetros a utilizar en la producción de carbón activado

	Carbonización	Activación
Agente Oxidante	No se aplica	Vapor de agua
Tiempo de residencia	20 minutos	30 minutos
Temperatura	600°C	900°C

Fuente: Alvarez M., Ximena; Opinión de expertos: Félix Susaeta.

³⁸ HONG, P. Kolloidchem Boch. Alemania. 1925

El tiempo de residencia adecuado en la carbonización es de 20 minutos, sin embargo se tomará un tiempo de 30 minutos considerando el tiempo utilizado en la carga y descarga del material al horno. Asimismo, para la activación se considerará un tiempo de 40 minutos. Cabe señalar que durante el primer año de operación de la planta se buscará determinar los parámetros óptimos para obtener diferentes niveles de adsorción y área específica a través de experimentos en laboratorio y pruebas en el horno.

En esta etapa se procesa el material sólido obtenido en la etapa anterior, y se estima que la pérdida de sólido por efecto de la activación es de un 5%. La utilización de vapor de agua como agente oxidante da lugar a la siguiente reacción química que eliminan átomos de carbono produciendo así la porosidad³⁹:



Esta reacción es endotérmica, por lo que es necesario generar una temperatura constante en el horno, la cual normalmente es de 900°C.

El diagrama de la etapa de activación se observa en la figura 4.5

4.3.5. Molienda y Clasificación

Luego de obtenido el carbón activado corresponde la etapa de molienda y clasificación.

La molienda se realizará en un chancador secundario a partir del cual se obtendrá el producto final. Gracias a que el chancador secundario permitirá ajustar el tamaño de gránulo que se obtendrá como producto final será posible obtener distintas granulometrías y además se podrá fabricar de acuerdo a las necesidades de cada cliente.

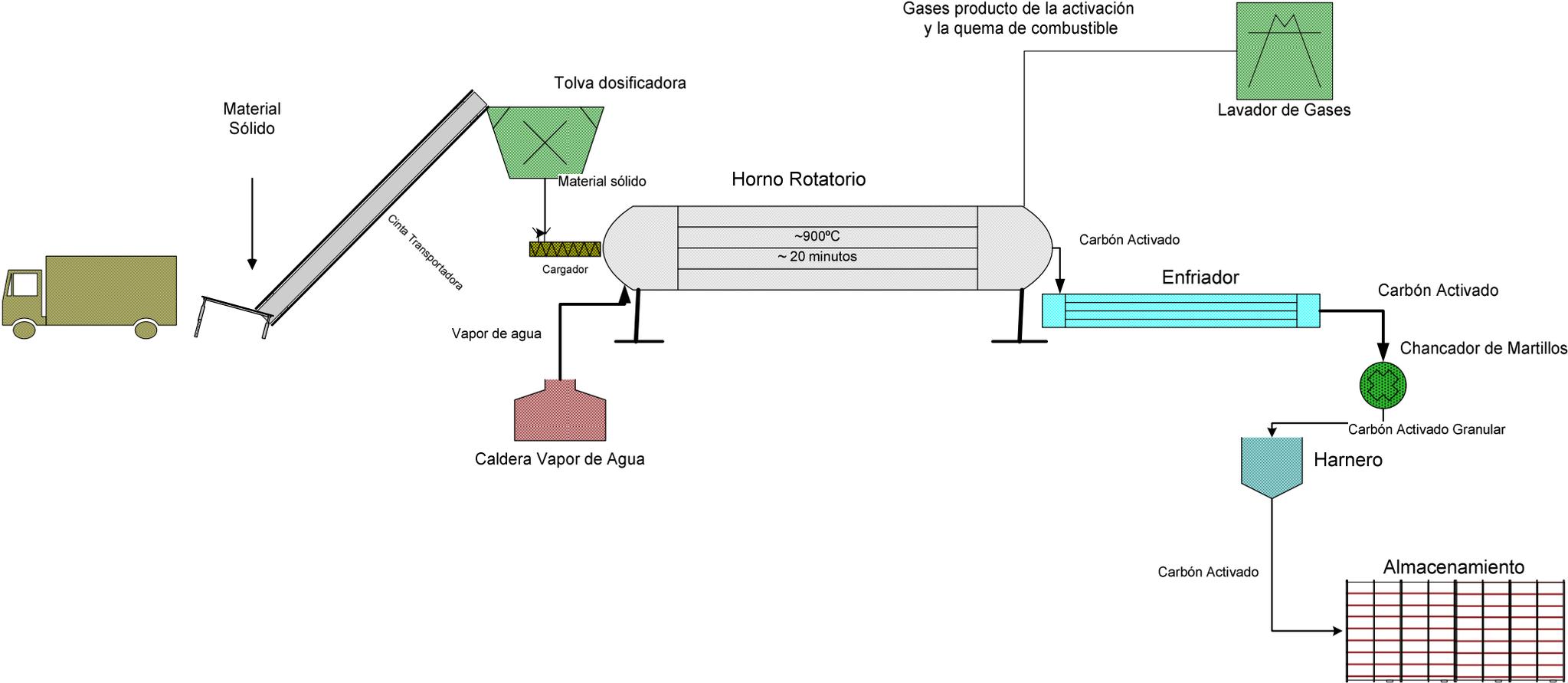
Luego el producto será clasificado en el harnero según su tamaño y envasado en sacos de 25 kg., tamaño estándar utilizado para comercializar el carbón activado. El producto final será almacenado en la bodega destinada a almacenar este producto donde se mantendrá un stock permanente de sacos. El transporte de los sacos hasta la bodega se realizará por medio de una grúa horquilla cuya capacidad de carga es de 2.500 kilos.

La planta producirá por pedido, es decir de acuerdo a los requerimientos de cada cliente en cuanto a fechas de entrega, cantidad y especificaciones del producto. Para brindar un buen servicio se tendrán medidas de eficiencia que permitan cumplir con los plazos y requerimientos de cada cliente.

Por otra parte además se fabricará por inventario, de manera de contar con un stock que permita satisfacer la demanda del producto. Cabe recordar que las distintas calidades para diversos usos pueden ser fabricadas bajo el control de los parámetros que influyen en el nivel de adsorción del carbón.

³⁹ <http://www.oviedo.es/personales/carbon/cactivo/impqcatex.htm>

Figura 4.5.: Proceso de Activación



Fuente: Elaboración propia en base a investigación en referencias ya mencionadas

4.4. Selección de Equipos y Diseño de las Instalaciones

Para el dimensionamiento de los equipos se debe determinar la cantidad de materia prima que se procesará en cada turno de operación. Se debe contar con los siguientes datos:

- Flujo del material a procesar (kg/hr) $\rightarrow F_{mh}$
- Ciclo de operación (hrs.) $\rightarrow \Delta\tau$
- Densidad aparente del material (kg/m³) $\rightarrow d$
- Porosidad del material $\rightarrow e$

El volumen ocupado por el material está dado por:

$$V = \frac{F_{mh} * \Delta\tau}{d * (1 - e)} \quad m^3$$

La planta funcionará 7 días para la etapa de carbonización y 3 días para la etapa de activación (esto para evitar el sobredimensionamiento del horno en la activación, punto que se explicará más adelante), las 24 horas del día. Como ya se ha mencionado, existe una pérdida de materia prima seca de aproximadamente un 65% en la etapa de carbonización y de un 5% en la etapa de activación⁴⁰, es decir si se quiere instalar una planta cuya capacidad sea de 800 toneladas anuales se deben tener aproximadamente 2.700 toneladas de cuscus de carozos disponibles.

Se considerarán los siguientes supuestos:

- De los 365 días del año, descontando los días en que la planta no opera (reparaciones, mantenimiento, vacaciones, imprevistos, etc.), la planta operará 270 días.
- De estos 270 días, 189 días corresponden a la etapa de carbonización y 81 a la de activación.

Considerando todo lo anterior, para la primera etapa se deben ingresar al horno 2.700 toneladas al año, dividiendo este valor por el número de horas totales correspondientes a la etapa de carbonización, es decir 189 días por 24 horas, se obtiene que deben ingresar 0,595 toneladas por hora aproximadamente.

Por lo tanto se tienen los siguientes datos:

- Flujo del materia a procesar (kg/hr) $\rightarrow F_{mh} = 595 \text{ kg / hr}$
- Ciclo de operación (hrs.) $\rightarrow \Delta\tau = 8 \text{ horas}$
- Densidad aparente del material (kg/m³) $\rightarrow d = 1,15 \text{ gr/cm}^3 = 1.150 \text{ kg/m}^3$
- Porosidad del material $\rightarrow e = 0,6$

⁴⁰ Álvarez M., Ximena.

Por lo tanto el volumen ocupado por la materia prima a utilizar durante un turno de 8 horas será:

$$V = \frac{595 * 8}{1.150 * (1 - 0,6)} = 10,35 \text{ m}^3$$

4.4.1. Horno Rotatorio

El horno es el principal equipo que participa en el proceso, utilizado para las etapas de carbonización y activación. Los hornos más apropiados para este proceso son los hornos rotatorios y los de lecho fluidizados. Sin embargo se sugiere el uso de un horno rotatorio ya que éste permitirá a las partículas tener un tiempo de residencia homogéneo, su costo de instalación es menor comparado con el costo de un horno de lecho fluidizado y además este último posee la desventaja de que necesita un mayor cuidado y control para evitar que el lecho pueda colapsar o fundirse.

Es posible adquirir un solo horno rotatorio que cumpla las dos funciones alternadamente. De otras experiencias resulta factible esta opción, utilizando el horno durante un periodo para la primera etapa, en este caso de 7 días, y 3 días para la segunda etapa, y así sucesivamente. La justificación de esta asignación de días a cada etapa del proceso se debe a que esto permitirá aprovechar las dimensiones del horno ya que la cantidad a procesar en la etapa de activación representa alrededor de un 33% de la cantidad a procesar en la etapa de carbonización, por lo tanto, asignar una cantidad equitativa de días para cada etapa no resulta óptimo dado que para la etapa de activación el horno quedaría sobredimensionado y no sería utilizado en su capacidad total. Esta asignación de días para cada etapa se determinó tomando varias alternativas y escogiendo la mejor en términos de que se pueda aprovechar las dimensiones del horno. Los tiempos de operación en el horno son de 30 minutos para la carbonización y 40 minutos para la activación, considerando 10 minutos aproximadamente para la carga y descarga de los cuescos.

En la primera etapa se ingresan los cuescos de duraznos luego de haber sido procesados en el chancador primario para darle las dimensiones adecuadas. En la segunda etapa ingresará al horno el material sólido resultante de la etapa de carbonización. Los cuescos son ingresados sin un tratamiento previo ya que el material orgánico adherido al cuesco es eliminado en la carbonización.

De acuerdo a la bibliografía consultada, un 35% de la materia prima seca que ingresa al horno en la primera etapa sale en forma de residuo sólido, material que será ingresado al horno para la segunda etapa.

Para estimar la cantidad de materia seca que ingresa al horno se tomó como supuesto que la humedad de la materia prima es de un 10%⁴¹. Es decir, se supondrá que el flujo de material húmedo es de 59,5 kg/hr y el flujo de material seco es de 535,5 kg/hr, del cual un 35% sale del horno como residuo sólido ($0,35 * 535,5 = 187,43$ kg/hr), es decir, si se ingresan aproximadamente 0,595 toneladas de materia prima en una hora, saldrá una cantidad aproximada 187

⁴¹ Álvarez M., Ximena.

kg./hr. de residuo sólido durante esta etapa. En la segunda etapa la pérdida es de un 5%, es decir el 95% de lo que se ingresa al horno sale de éste como carbón activado. Considerando que la etapa de activación es de 3 días para procesar la cantidad que resultó de la carbonización durante 8 días, la cantidad a ingresar al horno es de aproximadamente 440 kg/hr de residuo sólido.

En el Anexo 3.3 se muestra el detalle del flujo de materiales por hora, diarios y semanales en cada etapa involucrada en la producción de carbón activado, los cálculos se realizaron en Excel en base a los supuestos ya mencionados.

Luego de cotizaciones realizadas, se optará por la siguiente alternativa propuesta por Hornos Industriales Jorge Herrera Druvi cuyos detalles técnicos se adjuntan en el Anexo 3.4.1.

El horno será instalado a una altura de 1,5 metros de manera que se pueda realizar la entrada del material al enfriador por la parte superior de éste, mediante la inclinación del horno.

4.4.2. Enfriador

El material luego de ser procesado en el horno debe pasar al enfriador/secador para ser enfriado. Este equipo debe ser utilizado en ambas etapas. El enfriamiento se justifica pues el material sale al rojo vivo del horno y al exponerlo a un enfriamiento lento puede afectarlo en calidad, además por razones de seguridad para los operarios y además porque el material debe ser transportado hasta el silo de almacenamiento.

Lo que ingresa al enfriador es el material sólido que sale del horno. De acuerdo a los cálculos ya realizados la cantidad de material que ingresará a este horno es de 187 kg/hr. Para estimar las dimensiones del enfriador se realizaron una serie de cálculos que se encuentran en el Anexo 3.4.2. Se cotizó un secador/enfriador indirecto Bepex. Sus características técnicas, y acordes con los requerimientos del proyecto son las siguientes:

Enfriador/Secador Bepex modelo SJ30-20

Dimensiones

- Largo: 7,9 metros
- Diámetro interno: 0,76 metros
- Diámetro externo: 1,17 metros

Potencia: 25 HP

Peso: 4,4 toneladas

Volumen: 3,5 m³

Este enfriador/secador utiliza dos métodos para enfriar o secar, según lo que se requiera, el material ingresado. Está el enfriamiento indirecto, el enfriamiento directo o una combinación de ambos. El enfriamiento puede ser realizado con gases como el nitrógeno (que posee un punto de condensación de -196°C) o con aire el cual es ingresado en contracorriente con el material sólido. La entrada del producto se realiza por la parte superior de uno de los extremos del

enfriador y la salida se realiza por la parte inferior del otro extremo del enfriador.

4.4.3. Tolva dosificadora y Silo de Almacenamiento

La tolva dosificadora será la responsable de ingresar controladamente el material que será procesado en el horno. La tolva deberá ser capaz de almacenar la cantidad necesaria para 4 horas de trabajo. El volumen utilizado por el material es de $5,2 \text{ m}^3$, por lo que una tolva dosificadora que pueda almacenar 6 m^3 cumple con los requerimientos necesarios para la planta.

El cálculo para obtener el requerimiento en volumen de la tolva dosificadora se detalla en el Anexo 3.4.3.

Para el caso del silo de almacenamiento, éste almacenará el residuo sólido acumulado durante la etapa de carbonización para luego ser procesado en la etapa de activación. Su tamaño será de 150 m^3 , que es el volumen de material sólido obtenido de los 7 días que dura la etapa de carbonización.

Las cotizaciones se realizaron a la empresa Cotrans Limitada, y las especificaciones son las siguientes:

- **Tolva dosificadora para 6 m^3 , 2 m. de largo** en plancha de acero al carbono de 3 m/m, soportado en perfil cuadrado 75×3 y reticulado en ángulo laminado $50 \times 50 \times 4$. Sistema de dosificación manual.
- **Silo para almacenar material carbonizado para 150 m^3 .** en plancha de acero al carbono de 4 m/m, soportado en vigas laminadas de UPN-IPN y reticulado en ángulo laminado $50 \times 50 \times 4$.

4.4.4. Chancadores

El chancador primario será utilizado previo a la carbonización de los cuescos para darle un tamaño adecuado para ser procesado.

El tamaño de gránulo apto de la materia prima según bibliografía consultada es de 0,5 cm. a 1cm. Además luego de obtenido el producto final este debe ser triturado en el chancador secundario para darle el tamaño de gránulo para su comercialización, el cual puede variar de acuerdo al uso que se le quiera dar y a los requerimientos del cliente.

Para la etapa primaria, el flujo de entrada se calcula con lo siguientes supuestos:

- La recolección de materia prima se realiza entre Diciembre y Marzo
- Se estiman 88 días hábiles aproximadamente
- La cantidad total es 2.700 toneladas anuales, es decir 30,7 toneladas diarias.
- La chancadora operará durante un turno de 8 horas

- De todo lo anterior el flujo sería de aproximadamente 3,8 ton/hr (unos 3,3 m³/hr) de cuescos de durazno.

Los cuescos poseen un diámetro que normalmente va entre los 2,5 y 3,5 centímetros y deben ser reducidos a un tamaño de grano de 5 a 10 mm.

Con los datos anteriores, se consultó el catálogo de la empresa IMATESA S.A. para determinar el chancador que cumpla con los requerimientos anteriores. El chancador seleccionado posee las siguientes características⁴²:

- Chancador de Mandíbula Modelo PEX 100x600
- Tamaño de alimentación: 0 – 80 mm.
- Rango de apertura de descarga: 7 – 21 mm.
- Capacidad de Trituración: 2 – 8 m³/hr.
- Velocidad: 330 rpm
- Potencia Motor: 7,5 Kw.
- Dimensiones:
 - Ancho: 1,66 m.
 - Largo: 7,85 m.
 - Peso: 900 kg.

En el Anexo 3.4.4. se detallan las dimensiones del chancador de mandíbula. Para el chancado secundario se utilizará un chancador de martillo, el cual permite obtener la granulometría adecuada para el producto final. En esta etapa, el material debe ser triturado a tamaños entre 0,5 y 5 mm. Para obtener las especificaciones de este chancador se consultó el catalogo de la empresa Maquimin Ltda. Estas especificaciones son las siguientes:

Modelo: F350x180

Tamaño de alimentación: hasta 50 mm.

Tamaño de salida: Ajustable hasta 12 mm.

Capacidad de triturado: de 0,7 hasta 3 tons por hora

Potencia motor: 5,5 KW

Peso: 0,4 tons.

Este chancador permitirá obtener diversas granulometrías, de acuerdo a los requerimientos de cada cliente.

4.4.5. Harnero

El harnero será utilizado al final del proceso de fabricación del carbón activado y será utilizado para clasificar el producto final según tamaño. De acuerdo a cotizaciones, el harnero adecuado presenta las siguientes características y es comercializado por Maquimin Ltda.⁴³:

Modelo: 1320

Rango de entrada: Hasta 100 mm.

⁴² Catálogo proporcionado por IMATESA.

⁴³ Catálogo proporcionado por Maquimin Ltda.

Salida (mm): Ajustable de acuerdo al tamaño de los agujeros seleccionados.
Potencia: 5,5 KW
Peso: 3 toneladas.

4.4.6. Cintas Transportadoras

Las cintas permitirán transportar material desde un equipo a otro de manera más rápida y eficiente si se compara con otros sistemas de transporte de material como por ejemplo utilizando operarios que trasladen el material desde un equipo utilizando un camión y luego ser descargado en otro equipo.

Se necesitan varias cintas transportadoras las cuales serán utilizadas para los siguientes procesos: transporte desde el camión hasta la tolva dosificadora que almacena el material antes de ingresarlo al horno; otra para el transporte desde el chancador secundario hasta el harnero donde se clasificará el producto de acuerdo a su tamaño y forma; otra para el transporte hacia el chancador primario; otra para el transporte desde el chancador primario a bodega y otra para transportar el material sólido obtenido en la carbonización hasta el silo de almacenamiento donde se guardará el material que pasará a activación.

Para estimar la longitud de la cinta transportadora que alimentará a la tolva dosificadora se tomaron los siguientes datos: El horno posee un diámetro de 3,5 metros. La carga del material al horno se realiza por un extremo ubicado en el medio de diámetro del horno, y éste se deberá ubicar a unos 140 centímetros del suelo para permitir la descarga desde el horno hasta el enfriador. Por lo tanto la altura desde el suelo hasta la entrada de material al horno es de 3,15 metros aproximadamente. La mesa de acumulación estará a una altura de 1,5 metros del suelo. La altura entre el transportador que carga al horno y la parte inferior de la tolva dosificadora donde sale el material debe ser de no más de 30 centímetros, ya que los cuescos rebotan y podrían caer al suelo. La altura de la tolva es de 2 metros aproximadamente, por lo tanto la boca de alimentación de la tolva estará a una altura de 5,45 metros del suelo, descontando la altura de la mesa de acumulación (pues la cinta se ubica entre la mesa y la tolva), se concluye que la cinta debe llegar a una altura vertical aproximada de 4 metros.

Las cotizaciones se hicieron a las empresas Cintas Transportadoras Ltda. y Cotrans Ltda., quienes entregaron la información técnica para cada una de las cintas detallada en el Anexo 3.4.5.

4.4.7. Caldera

La caldera alimentará al horno rotatorio de vapor de agua, el cual actuará como agente oxidante en la etapa de activación del material sólido carbonizado. Dada la dificultad para estimar la cantidad necesaria de vapor de agua debido a la poca información y conocimiento del proceso, se recurrió al juicio de experto quien estimó que la cantidad de vapor de agua para el proceso debiera ser de 2 kg/hr por kilogramo de carbón de acuerdo a la experiencia⁴⁴. Al horno

⁴⁴ Ekokarbones, Ecuador; BASCUR, M y MORALES, J.C.

ingresará una cantidad aproximada de 280 kilos de carbón por un tiempo de 40 minutos. Se cotizó una caldera con capacidad máxima de 600 kg/hr, a la empresa Calderas Chile Ltda.; a continuación se presentan los detalles técnicos de la caldera:

Caldera de vapor modelo HDR 50 para 600 kg/hr de vapor saturado a 70 psi de presión máxima de trabajo. Con quemador para petróleo diesel.

Tabla 4.5.: Datos técnicos Caldera de Vapor de Agua

Item	Descripción	Unid.	Cant.
1	Caldera HDR 80 para 600 Kg/Hr con quemador modelo NOL 20 para Petróleo diesel	C/U	1
2	Sistema de alimentación de agua compuesto por dos bombas marca Calpeda, válvulas de succión y descarga	Conjunto	1
3	Estanque de condensado	C/U	1
4	Estanque de purgas de 100 Lts	C/U	1
5	Equipo ablandador simple de operación manual	C/U	1
6	Traslado montaje y puesta en marcha (Dentro de región metropolitana)	C/U	1

Fuente: Cotización Calderas Chile Ltda.

En el Anexo 3.4.6. se encuentran mayores detalles técnicos de la caldera de vapor cotizada.

4.4.8. Lavador de Gases

Los lavadores de gases están orientados a la extracción y tratamiento de gases contaminantes, fundiciones, plantas de tratamiento químico, y en general donde se requiere extraer los gases nocivos. Estos sistemas se componen generalmente por un ventilador centrífugo simple o ventilador axial, una red de ductos y un conjunto de campanas.

Una de las ventajas de los lavadores de gases es su instalación compacta, prácticamente no tiene limitante de temperatura y humedad para los gases a tratar, bajos costos de mantención, absorción de contaminantes gaseosos como CO₂, H₂S y SO₂, provenientes de la quema de combustibles.

Tabla 4.6.: Gases producto del proceso

Carbonización		Activación	
Salida (kg/hr)		Salida (kg/hr)	
Condensables	219,70	Condensables	29,95
No condensables	552,78	No condensables	678,61
Total	772,48	Total	708,55

Fuente: Elaboración propia.

Los detalles de la cantidad de gases se encuentran en el Anexo 5.3.

De acuerdo a conversaciones con personas entendidas (Subsole Servicios y Pacific Chemical) las características y dimensiones aproximadas del lavador de gases serán de 1,2 m. de diámetro y espesor de 10 mm, altura total de 3 metros construido de acero inoxidable y materiales anticorrosivos, en donde los gases son “lavados” en un lavador de flujo transversal con una solución acuosa de finas gotas dispersadas que retienen y precipitan los particulados.

El gas que debe ser lavado entra por la parte inferior de la torre y sale por la parte superior. La solución limpiadora es atomizada sobre la superficie de contacto y drenada por gravedad para luego ser recirculada.

4.5. Terreno e Infraestructura

De acuerdo a las necesidades de la planta y a la opinión de expertos⁴⁵, un terreno de 5.000 m² es adecuado para la instalación de la planta, oficinas y laboratorios, estacionamientos y bodegas.

Se buscaron alternativas de terrenos industriales ubicados en diferentes comunas de la Región Metropolitana tales como Quilicura, Puente Alto, Lampa y San Bernardo. Los tamaños de los terrenos encontrados varían entre los 3.000 m² hasta los 80.000 m². La búsqueda se centró principalmente en la zona sur de la Región Metropolitana dado que en esa zona se encuentran las principales conserveras. Las alternativas encontradas más acordes con los requerimientos del proyecto son los que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 4.7.: Terrenos industriales disponibles actualmente

Superficie (m ²)	Precio (UF/m ²)	Total (UF)	Total (US\$)	Ubicación	Características
5.000	2,0	10.000	342.593	San Bernardo	Terreno industrial semipavimentado, cercano a ruta 5
5.000	1,7	8.500	291.204	Paradero 47 Sta. Rosa	Terreno Industrial
7.150	1,8	12.870	440.917	Camino la Vara, San Bdo.	Terreno Industrial, Vía pavimentada, a 100 mts de 5 Sur

Fuente: Propiedades El Mercurio

Como se observa en la tabla, los valores por metro cuadrado están cercanos a las 2 UF, por lo que se considerará la primera alternativa de la tabla que consiste en un terreno de 5.000 m² en la comuna de San Bernardo.

Se construirá un sector de oficinas y laboratorios. Para estimar el tamaño de esta construcción se debe considerar que el lugar debe contemplar lo siguiente:

- Sala de reuniones
- Recepción
- Oficina Gerencia General
- Oficina para Jefe de Planta, Contador y Encargado de Ventas
- Baños
- Comedor
- Laboratorios

La construcción será de un piso y las dimensiones, de acuerdo a la asesoría de constructores civiles de Joviyán Ltda., serán las que se detallan a continuación:

⁴⁵ Félix Susaeta, Ingeniero Civil Químico.

Tabla 4.8.: Dependencias necesarias para la planta (Oficinas)

Dependencia	Cant.	Ancho (m.)	Largo (m.)	m2 totales
Sala de Reuniones	1	3	5	15
Oficina gerencia	1	3	3	9
Baño Gerente	1	2	2	4
Oficina Contador, Jefe de Planta, Encargado de Ventas	1	3	5	15
Baño oficina comunitaria - Recepcion	1	2	2	4
Recepción	1	2	3	6
Baño Laboratorios (hombres-mujeres)	2	2	2	8
Laboratorio	1	5	7	35
Comedor (incluye área de cocina)	1	5	7	35
TOTAL				131

Fuente: Elaboración propia

Además el terreno debe contar con un espacio habilitado para estacionamientos, destinado tanto a trabajadores como a visitas. Se tomará como supuesto que cada espacio de estacionamiento es de 2x3 metros para una cantidad de 20 vehículos. Además habrá una caseta de guardias en la entrada del recinto.

Se estima que las maquinarias ocupan una superficie de 150m², pero se deben tener consideraciones de los espacios entre maquinas y espacios para la circulación de personal y camiones.

El sector que albergará las maquinarias de la planta será de 2.000 m² y consiste en un galpón semi-cerrado y techado y suelo de cemento junto a un área de 200 m² destinado a bodega donde se almacenará el producto final en SACOS.

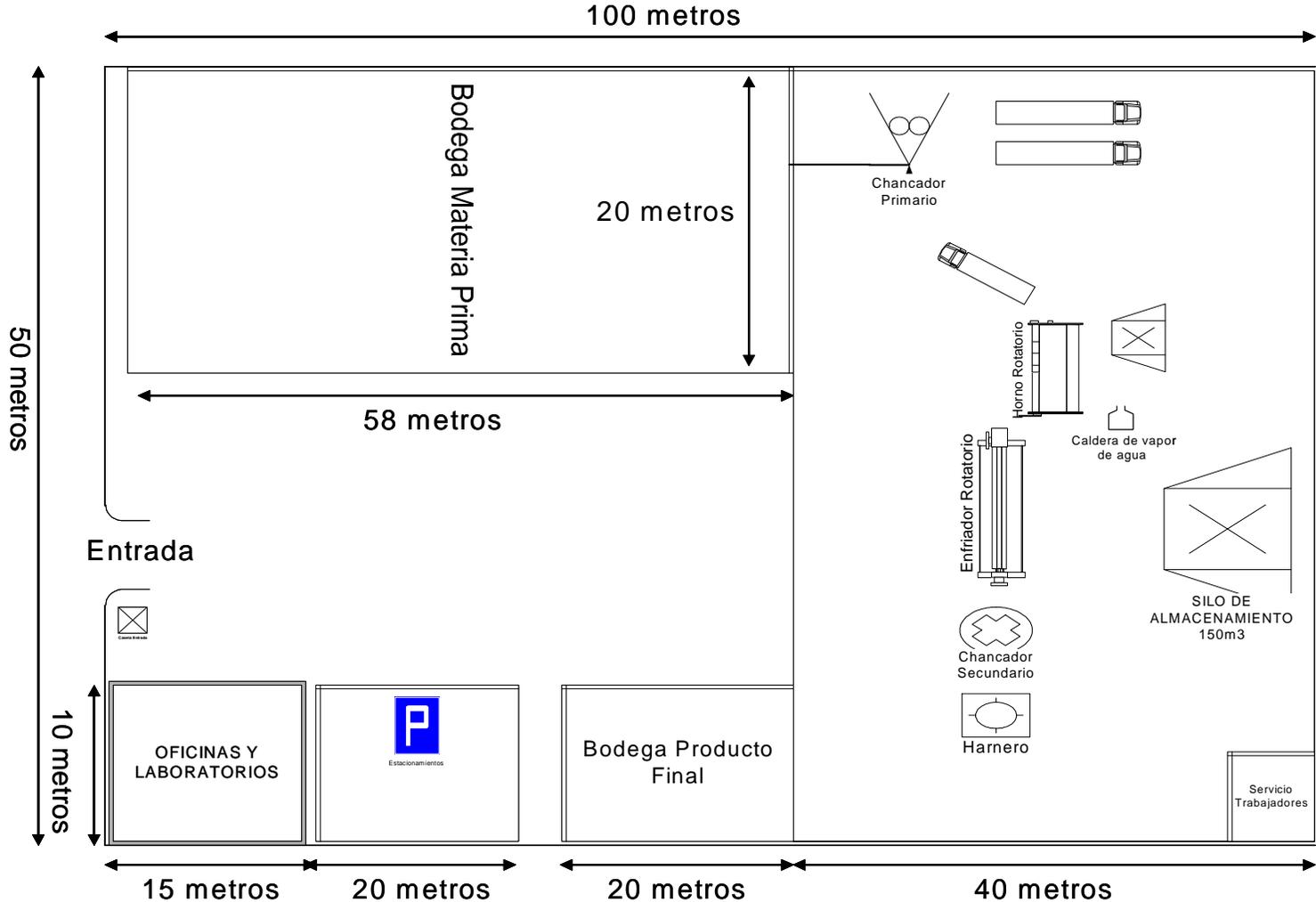
Tabla 4.9.: Dependencias para la planta

Dependencia	Cant.	Ancho (m.)	Largo (m.)	m2 totales
Baños y vestidores operarios	2	2	3	12
Bodega Producto final	1	10	20	200
Sector Maquinarias (Galpon techado y pavimentado)	1	50	40	2.000
Estacionamientos	20	2	3	180
Pavimentaciones	1	10	20	200
Bodega para almacenar materia prima	1	20	58,75	1.175
Dependencias oficinas (proveniente de tabla 4.7.)	1	-	-	131
TOTAL				3.898

Fuente: Elaboración propia

El área para almacenar los cuescos de duraznos triturados será un lugar cerrado para evitar el efecto de las lluvias en invierno y evitar la aparición de plagas en verano. Además este lugar, previo a almacenar los cuescos, será fumigado y se harán las reparaciones y revisiones pertinentes para la adecuada mantención de la materia prima. El volumen máximo ocupado por los cuescos es de 2.350 metros cúbicos. Se construirá una bodega de 1.175 metros cuadrados y 5 metros de alto, aislada del exterior (muros y techada) con una compuerta para sacar el material mediante una pala mecánica. Se deberán mantener las condiciones necesarias para el cuidado de la materia prima, por lo que se deberá contratar encargados del mantenimiento de esta bodega. Se adjunta el layout preliminar de la planta en la figura 4.6.

Figura 4.6. : Layout preliminar planta



Fuente: Elaboración Propia

4.6. Requerimiento de Recursos Humanos

El proceso productivo no es un proceso complejo y principalmente se necesita personal encargado de que las tareas programadas se cumplan y personal que supervise y lleve a cabo las actividades de la planta.

Para el funcionamiento de la planta se necesita:

- 1 jefe de planta: Encargado de que las tareas programadas se cumplan, encargado de supervisar el buen funcionamiento de la planta, los plazos y las adquisiciones de materia prima. Su perfil será de un ingeniero, idealmente químico de manera de aportar en las decisiones relacionadas con la producción. Debe tener alto poder de mando y ser capaz de tomar decisiones ante situaciones imprevistas. Además deberá entregar informes de actividad y desempeño de la planta a gerencia.
- 4 jefes de turno: Encargado de supervisar en cada turno el buen funcionamiento de la planta, encargado de la supervisión de los operadores, entre otras labores. Su perfil será de un técnico o un ingeniero en ejecución, idealmente en química que sea capaz de mantener orden y tomar decisiones en cada turno.
- 15 Operadores: Encargados de las operaciones de la producción, y de realizar las labores como funcionamiento y control de las maquinarias, transporte de material, entre otros.
- Químicos: Encargados del trabajo en el laboratorio, realizar experimentos, mediciones de índices de adsorción y mediciones de otros parámetros, controles de calidad, entre otras labores. Se estima que 3 personas se necesitarán para esta labor. Su perfil debe ser de técnicos o licenciados en química.
- Encargados de Bodegas: 2 personas, encargados de mantener orden y un registro de lo almacenado en las bodegas y fundamentalmente de mantener en buenas condiciones la bodega destinada a almacenar materia prima, controlando el buen mantenimiento de éstas, el orden y de controlar el estado de la materia prima almacenada.

La parte administrativa será conformada por:

- Gerente General: Encargado de la administración general y de las decisiones que se deban tomar. Su perfil será el de un ingeniero civil industrial y/o químico que posea conocimientos en diversas áreas de ingeniería.
- Contador: Quien llevará el control de la parte financiera y contable de la empresa: sueldos y remuneraciones, adquisiciones, pagos, entre otros temas.

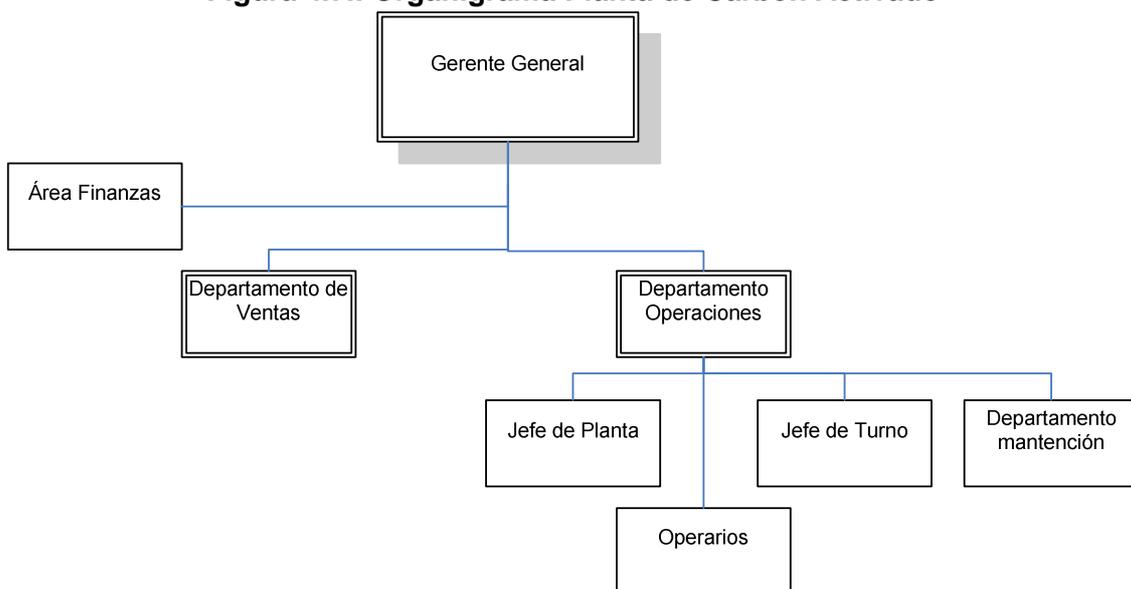
- Encargado de Ventas: Encargado de realizar los esfuerzos de marketing de la empresa, buscar clientes, estudiar el mercado, entre otras labores. Su perfil será el de un ingeniero comercial o industrial con conocimientos en marketing y ventas.
- Secretaria: Encargada de mantener la comunicación dentro de la empresa y con el exterior, y de ser un apoyo para la gerencia.

Además se deben considerar otras tareas tales como:

- Vigilancia: Personal encargado de velar por la seguridad del lugar y controlar el ingreso de personas al recinto, se necesitan tanto de día como de noche. Se contratarán 4 vigilantes que trabajarán por turnos.
- Aseo y ornato: Personal encargado de mantener el aseo de oficinas, baños, patio, instalaciones, etc. Se contratará a una persona que trabajará de lunes a viernes.
- Departamento de mantención: Personal encargado de la mantención de las maquinarias y equipos, se recomienda la contratación de un técnico mecánico y un técnico eléctrico, es decir 2 personas.
- Choferes: Encargados de manejar los camiones que transportarán la materia prima desde las conserveras hasta la planta, y el carbón activado desde la planta hasta los clientes o hasta el lugar donde se despachará vía aérea, marítima o terrestre el producto. Se contará con el servicio de 3 choferes que realizarán labores de traslado de materia prima y traslado de material dentro de la planta para el proceso productivo.

Se sugiere el siguiente organigrama:

Figura 4.7.: Organigrama Planta de Carbón Activado



Fuente: Elaboración propia en base a conversaciones

Capítulo 5: Estudio Legal

Para la implementación de cualquier proyecto es necesario conocer el marco regulatorio al que está sujeto, como por ejemplo el estudio de impacto ambiental, entre otros.

5.1. Organismos Reguladores y Fiscalizadores

- Dirección de Obras Municipales:

Organismo que aprueba o rechaza la construcción de la planta, previa presentación del proyecto: planos estructurales, sanitarios, eléctricos, memoria de cálculos y especificaciones técnicas.

- CONAMA

Organismo encargado de asegurar el cumplimiento de la legislación medioambiental donde se fijan las bases para someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA)

5.2. Legislaciones

5.2.1. Legislación Ambiental

La legislación medio ambiental para este proyecto se basa en las siguientes regulaciones:

- Ley 19.300: “Bases Generales del Medio Ambiente” de 1994 y D.S. N°95 de 2001, Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA) del Ministerio Secretaría General de la Presidencia de la República.

De acuerdo a esta ley, la letra h, más específicamente h.2., del artículo 3 del título I afectaría al proyecto bajo las condiciones que se especifican en la letra siguiente:

k) Instalaciones fabriles, tales como metalúrgicas, químicas, textiles, productoras de materiales para la construcción, de equipos y productos etálicos y curtiembres, de dimensiones industriales. Se entenderá que estos proyectos o actividades son de dimensiones industriales cuando se trate de:

k.1. Instalaciones fabriles cuya potencia instalada sea igual o superior a dos mil kilovoltios-ampere (2.000 KVA), determinada por la suma de las capacidades de los transformadores de un establecimiento industrial. Tratándose de instalaciones fabriles en que se utilice más de un tipo de energía y/o combustibles, el límite de dos mil kilovoltios-ampere (2.000 KVA) considerará la suma equivalente de los distintos tipos de energía y/o combustibles utilizados.

En el caso de que corresponda someterse a SEIA se debe tener en consideración lo detallado en el Anexo 4.1.

Para determinar la potencia instalada se utiliza la siguiente fórmula:

$P \text{ (KW)} / FP = S \text{ (KVA)}$, donde FP representa el factor de potencia. Se tomará como factor de potencia 0,8. Se tiene que la potencia instalada es de 58,1 KW. Por lo tanto en KVA, la potencia es de 72,6 KVA.

- **Regulaciones para emisiones atmosféricas fijas**

Cualquier persona jurídica o natural responsable de establecimientos que tengan emisiones atmosféricas de fuentes fijas deben cumplir con las siguientes regulaciones

- Las calderas de calefacción e industriales deben tener autorización sanitaria así como su operador (Decreto Supremo N° 48/1984; 144/1961).
- No emitir humos visibles por más de 15 minutos al inicio del proceso (Resolución N° 1215/1978 Servicio de Salud). - Declarar al Servicio de Salud (SESMA) las emisiones de material particulado de fuentes estacionarias, con mediciones certificadas por empresas autorizadas (Resolución N° 15.027/1994 del Servicio de Salud).
- A partir de Enero de 1998 no se permite emitir más de 56 mg/m³ para fuentes puntuales establecidas, y no mas de 56 mg/m³ para fuentes grupales nuevas (Decreto N° 4/1992; N° 19.057/1993, ambos del Ministerio de Salud).
- En el caso de la Región Metropolitana, que ha sido declarada Zona Saturada, las nuevas industrias deben compensar sus emisiones de material particulado de fuentes fijas con fuentes ya establecidas (Decreto N° 812/1995). Decreto Supremo N° 4 del Ministerio de Salud. Esto significa que se debe realizar una solicitud de compensación al SESMA.
- D.S: N°322/91 que indica los excesos de aire máximos permitidos para diferentes combustibles.

- **Regulaciones para emisiones líquidas**

- D.F.L N°725/67, Código Sanitario, Artículos 67, 73.
- D.S. N°609/98 que norma la emisión para regular los contaminantes asociados a las descargas de residuos industriales líquidos a alcantarillados.
- Ley 3133/16 que establece regulaciones para los residuos provenientes de establecimientos industriales.

- **Regulaciones para emisión de ruidos**

- D.S. 146/97 que norma la emisión de ruidos molestos provenientes de fuentes fijas.
- D.S. 594/99 del Ministerio de Salud, Párrafo III

- **Regulaciones para emisión de residuos sólidos**

- D.F.L N°725/67, Código Sanitario del MINSAL, Artículos 78 al 81. Detalles en el Anexo 4.2.

De acuerdo a lo señalado en el punto de regulaciones para emisiones atmosféricas, se deberá realizar una solicitud de compensación de emisiones de fuentes fijas al SESMA. Esta solicitud permitirá instalar la planta dentro de la Región Metropolitana y establece que las emisiones de nuevas fuentes fijas deben ser compensadas con la reducción de emisiones de fuentes ya establecidas.

De acuerdo a lo establecido por la letra k del artículo 3 de la ley 19.300, el proyecto no se ve afectado por el SEIA, por lo que no debe someterse a un estudio de impacto ambiental, sin embargo, se recomienda presentar voluntariamente una declaración de impacto ambiental a objeto de definir si es pertinente o no entrar al SEIA voluntariamente. Más detalles de este tema en el Anexo 4.3.

Además, y pensando en minimizar el impacto ambiental producto de la instalación de la planta, se pueden tomar diversas medidas que contribuyan a reducir las emisiones contaminantes, tales como

- Uso constante de la caldera y el horno rotatorio, ya que la puesta en marcha de éstos significa una mayor cantidad de gases contaminantes.
- Utilización de un lavador de gases. Equipo que permitirá reducir los niveles de contaminación ya que permite captar gases contaminantes como CO₂, H₂S y SO₂ (producto de la quema de hidrocarburos), entre otros.
- El lavador de gases es un equipo donde se prehumedecen los gases a la entrada y pasan por una cortina de agua. Posteriormente los gases limpios ascienden y salen a la atmósfera. El agua utilizada arrastra los sólidos separados y puede ser enviada a una laguna de sedimentación donde se separan de los sólidos para reutilizar el agua y ahorrar de esta manera este líquido. Se recomienda la habilitación de un lugar seguro para residuos sólidos y líquidos.
- Buscar nuevas alternativas de inversión para reducir emisiones, tales como extractores, filtros de mangas, o alguna otra tecnología adecuada para el proyecto.
- Utilizar quemador a gas para el horno rotatorio, combustible menos contaminante que el fuel oil N°6. Sin embargo existe la desventaja de un mayor precio y la incertidumbre de suministro ante los problemas de abastecimiento desde Argentina. Por lo mismo, se recomienda evaluar el uso de otros tipos de combustibles.

Capítulo 6: Evaluación Económica

Punto importante del proyecto es la evaluación económica la cual entregará si es viable o no llevar a cabo este proyecto. A continuación se muestran los ítems que servirán para elaborar el flujo de caja del proyecto. Se asumirá un tipo de cambio de \$540 por dólar, valor que se obtuvo como promedio en abril del año 2007. Este valor será utilizado para todos los cálculos de manera de tener coherencia en los valores obtenidos.

6.1. Inversión

6.1.1. Inversión en Equipamiento de la Planta

La inversión en equipamiento de la planta corresponde a la maquinaria y los equipos necesarios para el proceso productivo, además de la mantención y el equipamiento de oficinas, laboratorios, galpón, etc.

Para los equipos tales como horno rotatorio, enfriador, harnero, chancador, caldera, tolva y cintas transportadoras se realizaron cotizaciones a diversas empresas, considerando las que se ajustaban mejor a los requerimientos del proyecto.

Tabla 6.1.: Inversiones en equipos y maquinarias

Equipos	Consumo (KW/Hr)	Cantidad (Unidades)	Valor Total	
			\$	US\$
Horno	6	1	102.078.200	189.034
Caldera	3,7	1	13.210.190	24.463
Enfriador (Precio CIF)	18,7	1	39.270.000	72.722
Lavador de gases	5	1	14.280.000	26.444
Cinta Transportadora 8 metros	1,2	1	3.084.480	5.712
Cinta Transportadora 4 metros	1,2	1	2.602.530	4.820
Cinta Transportadora 3 metros	1,2	1	2.364.530	4.379
Cinta Transportadora 2 metros	1,2	1	2.092.020	3.874
Cinta Transportadora 6 metros	1,2	1	2.838.150	5.256
Chancador Primario (Mandíbula)	7,5	1	8.925.000	16.528
Chancador Secundario (Martillo)	5,5	1	4.403.000	8.154
Harnero	5,5	1	8.032.500	14.875
Empaque	0,2	1	238.000	441
SUB TOTAL	58,1		203.418.600	376.701
	Capacidad			
Tolva Dosificadora	6 m3	1	2.400.000	4.444
Silo de almacenamiento	150 m3	1	25.000.000	46.296
Pala Mecanica	3 m3	1	11.900.000	22.037
Grúa Horquilla	2,5 ton	1	2.850.000	5.278
Camiones Recolectores	10 ton	2	30.000.000	55.556
Camion transporte	4 ton	1	7.000.000	12.963
Equipamiento oficinas, laboratorio	-	-	10.000.000	18.519
TOTAL			292.568.600	541.794

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones

Todos los valores mostrados incluyen IVA.

6.1.2. Inversión en Obras Civiles

Estas incluyen las edificaciones necesarias para la planta, incluyendo instalación de maquinarias, galpones, oficinas y laboratorios, pavimentaciones, entre otros. La cotización fue realizada por la empresa Joviyan Ltda..

Tabla 6.2.: Inversión en obras civiles

Item	DESCRIPCION	Dimension (m2)	V.Unit. (\$)	TOTAL (\$)
A	SALA DE REUNIONES	15	80.000	1.200.000
B	OFICINA GERENCIA	9	80.000	720.000
C	BAÑO GERENTE	4	90.000	360.000
D	OFICINA CONTADOR, JEFE PLANTA, ENCARGADO VENTAS	15	70.000	1.050.000
E	BAÑO OFICINA COMUNITARIA - RECEPCION	4	70.000	280.000
F	RECEPCION	6	100.000	600.000
G	BAÑO LABORATORIO	8	90.000	720.000
H	LABORATORIO	35	100.000	3.500.000
I	COMEDOR (Incluye Cocina)	35	110.000	3.850.000
J	BAÑOS Y VESTIDORES	12	90.000	1.080.000
K	BODEGA PRODUCTO FINAL Y PAVIMENTACIONES	400	90.000	36.000.000
L	ESTACIONAMIENTOS	180	90.000	16.200.000
M	ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	1175	90.000	105.750.000
N	GALPON	2000	100.000	200.000.000
Total Neto:				371.310.000
19% Iva				70.548.900
Total (\$)				441.858.900
Total (US\$)				818.257

Fuente: Cotización a constructora Joviyan Ltda..

El ítem M corresponde a una bodega para almacenar la materia prima que pasará por el chancador primario. Será una bodega debidamente cerrada y aislada para evitar el exceso de humedad y el ingreso de plagas como mosquitos y/o abejas. El ítem N corresponde al galpón de producción y corresponde a un galpón semi cerrado (con un muro lateral por un costado), techado y pavimentado. Los valores presentados incluyen mano de obra, materiales, planos, instalaciones eléctricas y de agua potable.

6.1.3. Inversión en Terreno

Este ítem considera la compra del terreno y la preparación de éste. La planta estará ubicada en la comuna de San Bernardo. Este terreno es industrial por lo que no se considerarán los trámites asociados al cambio de uso de suelo. La superficie necesaria para el proyecto es de 5.000 m², el valor del metro cuadrado en la zona sur de Santiago es de 2 U.F.

Tabla 6.3.: Inversión en Terreno

Ítem	UF	Total	
		\$	US\$
Terreno industrial 5.000 m ²	10.000	185.000.000	342.593
Trámites respectivos	-	1.200.000	2.222
Cierre terreno	-	1.500.000	2.778
Caseta en la entrada para control de acceso	-	750.000	1.389
Transformador trifásico 90 KVA (incluye instalaciones)	-	3.647.350	6.754
Iluminación galpón, exterior, bodegas, estacionamientos	-	7.622.545	14.116
Telefonía	-	200.000	370
TOTAL	-	199.719.895	369.852

Fuente: Elaboración propia en base a cotizaciones

Se estima que la potencia consumida es de un 60% de la instalada (34,86 KW) y que el transformador debe ser del doble de la potencia consumida, es decir 70KW o 87,5KVA. Se optará por comprar un transformador trifásico de 90 KVA. El precio incluye la instalación del transformador, los trámites ante la Superintendencia de Electricidad y Combustibles y las mediciones de resistividad del terreno.

Las cotizaciones de los equipos, obras civiles y terreno se adjuntan en el Anexo 5.1.

6.1.4. Activo Diferido⁴⁶

Los activos diferidos corresponden a la ingeniería y administración del proyecto, esto es, la instalación y puesta en funcionamiento de las maquinarias, la cual se calculará como el 30% de la inversión en maquinarias; la supervisión del proyecto, verificación de las instalaciones, el control de la instalaciones y las obras civiles, lo cual se calculará como el 7% de la inversión total en activos fijos; la instalación de cañerías de proceso como un 10% del costo de los equipos instalados y puestos en marcha; y las terminaciones como un 2% de los anterior Además se considerará un costo por imprevistos calculado como el 30% de los activos diferidos.

Por lo tanto se tiene que el monto total de la inversión en el año 0 es de \$2.405.199 dólares.

6.2. Producción

El proyecto pretende producir carbón activado para ser comercializado en Chile y además para su exportación a países de Latinoamérica.

De acuerdo a los estudios de mercado realizados se observa un nivel de importaciones a nivel latinoamericano de aproximadamente 18.000 toneladas el año 2005, considerando los principales países importadores, y un consumo en Chile de aproximadamente 1.800 toneladas anuales. Además de acuerdo a lo investigado el carbón activado granular, a pesar de su mayor precio con respecto al carbón activado en polvo, es mucho más demandado (esto se puede observar ya que muchas empresas no venden carbón activado en polvo) ya que posee una gran cantidad de aplicaciones en diversos rubros. Se ha determinado como meta inicial la producción de 600 toneladas anuales, con un crecimiento de la producción acorde al crecimiento del mercado latinoamericano, esto es un 7% anual, llegando a producir 800 toneladas anuales en el año 6.

A continuación se muestran los niveles de producción de la planta durante el período de evaluación:

Tabla 6.4.: Producción

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Toneladas	600	642	687	735	786	800	800	800	800	800

Fuente: Elaboración propia

⁴⁶ Abdón Zomosa

6.3. Ingresos

Corresponden a los generados por la venta del producto final. Los precios son estimados a partir del estudio de mercado. De acuerdo a cotizaciones en diferente empresas del rubro los precios de los carbones activados para el uso al que se enfoca este proyecto varían entre US\$1.800 y US\$4.500 por tonelada los cuales dependen principalmente de la características del carbón (por ejemplo, si poseen impregnación de plata metálica o no). Para este caso, se considerará el precio de los carbones activados granulares más básicos, cuyos precios pueden fluctuar entre US\$1.800 y US\$2.200 por tonelada. El precio promedio será fijado en US\$1.900 por tonelada (unos 1.030 pesos chilenos por kilo)

Tabla 6.5.: Precios

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Precio FOB (US\$/ton)	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900	1.900

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las tablas de producción y precios anteriores se puede obtener los ingresos por año:

Tabla 6.6.: Ingresos

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(miles US\$)	1.140	1.220	1.305	1.397	1.494	1.520	1.520	1.520	1.520	1.520

Fuente: Elaboración propia

6.4. Costos

Los costos se dividen en dos grupos: Costos fijos y costos variables.

6.4.1. Costos Fijos

6.4.1.1. Sueldos del personal

Los sueldos del personal fueron obtenidos con la ayuda de gente entendida en el tema y consultando sueldos de mercado. En la siguiente tabla se muestran los sueldos asociados al personal de la planta:

Tabla 6.7.: Sueldos mensuales

Mano Obra	Cantidad	Valor unitario \$	Subtotal \$/mes	Subtotal US\$/mes
Gerente	1	1.400.000	1.400.000	2.593
Jefe Planta	1	750.000	750.000	1.389
Jefe Turno	4	450.000	1.800.000	3.333
Operadores	15	280.000	4.200.000	7.778
Contador	1	300.000	300.000	556
Secretaria	1	250.000	250.000	463
Jefe de Ventas	1	600.000	600.000	1.111
Aseo	1	150.000	150.000	278
Vigilancia	4	200.000	800.000	1.481
Choferes	3	250.000	750.000	1.389
Quimicos	3	400.000	1.200.000	2.222
Mantencion	2	250.000	500.000	926
Encargados Bodega	2	200.000	400.000	741
Otros			450.000	833
Total Mensual			13.550.000	25.093

Fuente: Elaboración propia en base a conversaciones y sueldos de mercado

El ítem Otros corresponde a imprevistos que podrían implicar horas extras. Se calcularon como el 5% del total mensual de las remuneraciones de los trabajadores que participan en la producción.

6.4.1.2 Mantención

La mantención anual de las maquinarias y equipos del proyecto se calculó como el 5% de la inversión en equipos.⁴⁷

6.4.2. Costos Variables

Los costos variables son aquellos ligados directamente al proceso y varían de acuerdo al nivel de producción de la planta entre los cuales se deben considerar adquisición de materia prima, combustible, consumo de energía eléctrica, entre otros.

6.4.2.1. Adquisición de la Materia Prima

Como ya se mencionó la materia prima puede ser adquirida solo en el período de cosecha y producción de duraznos ya que durante esta etapa las empresas conserveras producen duraznos en conserva, desechando el cuesco. Como ya se ha mencionado el rendimiento de los cuescos es de aproximadamente el 30%. Para una planta cuya capacidad será de 800 toneladas se necesitan aproximadamente 2.700 toneladas. Sin embargo, la producción inicial de carbón será de 600 toneladas. Además, de acuerdo a lo investigado, el precio promedio por kilo de cuescos es de \$5. Se considerará un precio de \$40 por kilo, lo cual incluye el transporte de éstos cuescos hasta la planta.

Tabla 6.8.: Costo de Materia Prima

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Materia Prima (tons)	2000	2150	2300	2460	2630	2700	2700	2700	2700	2700
Costo (miles \$)	80.000	86.000	92.000	98.400	105.200	108.000	108.000	108.000	108.000	108.000
Costo (miles US\$)	148	159	170	182	195	200	200	200	200	200

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.2. Consumo de Energía Eléctrica

Se calcula el consumo de energía eléctrica como la potencia instalada por el precio del Kw-hr. Los cálculos se realizaron teniendo en cuenta la cantidad de días que opera la planta y que además la caldera opera solo durante la etapa de activación y el chancador primario funcionan solo durante 4 meses que es cuando se recolecta la materia prima. La potencia instalada, sumando el consumo de las maquinarias instaladas, es de 58,1 KW/HR. En base a la tarifa entregada por Chilectra se estima que los costos por energía eléctrica son los mostrados en la siguiente tabla:

Tabla 6.9.: Consumo de Energía Eléctrica

KW/año	US\$/año
316.165	22.834

Fuente: Elaboración propia

⁴⁷ Abdón Zomosa

Se consideró un consumo de un 10% adicional por concepto de iluminación interior y exterior y consumo eléctrico en oficinas, baños y laboratorio.

6.4.2.3. Consumo de Combustible

El detalle del cálculo de consumo de combustible del horno para ambas etapas del proceso se detalla en el Anexo 5.2 y en el Anexo 5.3. la cantidad de gas y material sólido obtenido en cada proceso. Se tomará como base el uso de fuel oil N°6, combustible utilizado en la industria principalmente en hornos y calderas, y alternativamente se evaluará el caso de uso de gas natural para el calentamiento del horno.

El precio del fuel oil N°6 se obtuvo a partir de investigaciones de diversas fuentes. El precio al consumidor no se encuentra disponible al público en general, por lo que se investigó el precio a diversos clientes de este combustible. Se concluyó que el precio varía de acuerdo a la ubicación geográfica de la planta y al nivel de consumo. Los precios obtenidos variaban en un rango entre \$235 y \$280 por litro. Se tomará éste último como referencia para realizar los cálculos. Los costos producto del consumo de combustible se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.10.: Costo anual por consumo de combustible Fuel Oil N°6

Fuel Oil	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Combustible (kg/año)	139.027	150.254	161.378	172.366	183.979	187.622	187.622	187.622	187.622	187.622
Costo (miles \$)	38.927	42.071	45.186	48.263	51.514	52.534	52.534	52.534	52.534	52.534
Costo (miles US\$)	72	78	84	89	95	97	97	97	97	97

Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, para el cálculo del costo en el caso de utilizar gas natural se tomó como referencia la tarificación para industrias entregada por Metrogas. Los costos por consumo de gas natural se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.11.: Costo anual por consumo de combustible en caso de preferir gas natural

Gas Natural	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Combustible (kg/año)	143.608	155.203	166.691	178.041	190.038	193.804	193.804	193.804	193.804	193.804
Costo (miles US\$)	111.467	120.379	129.291	137.555	146.965	149.754	149.754	149.754	149.754	149.754

Fuente: Elaboración propia.

La caldera de vapor de agua consume una cantidad de 29 kg/hr según datos entregados por el fabricante. La caldera utiliza petróleo diesel. La siguiente tabla muestra los costos de combustible producto de la utilización de la caldera, considerando que la caldera solamente funciona durante el proceso de activación:

Tabla 6.12.: Costo anual por consumo de petróleo diesel

Petroleo diesel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Combustible (kg/año)	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376	56.376
Costo (miles \$)	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369	25.369
Costo (miles US\$)	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.4. Consumo de Agua de la Caldera

Se debe considerar el consumo de agua para alimentación de la caldera. Según los datos entregados por el fabricante el consumo de agua de la caldera es de 900 litros por hora. La siguiente tabla muestra los costos de agua por concepto de alimentación a la caldera:

Tabla 6.13.: Costo anual por consumo de agua para alimentación a caldera

Agua	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cantidad (m3/año)	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750	1.750
Costo (US\$)	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831	1.831

Fuente: Elaboración propia

6.4.2.5. Insumos

El carbón activado será envasado en sacos de polipropileno de 25 kilos, éstos serán llenados y se sellarán en la máquina cosedora de sacos. El precio de los sacos según cotizaciones es de \$140 por unidad.

6.4.2.6. Otros

En este punto se incluyen gastos en elementos de oficina, artículos de limpieza, indumentarias del personal, entre otros. Se calculará como un 5% del ingreso bruto del proyecto. Además se calculará los gastos de ventas, donde se incluyen los gastos relacionados a los esfuerzos de marketing, la colocación del producto en el mercado y los esfuerzos por dar a conocer el producto. Durante el primer año este gasto será mayor ya que será necesario un gran esfuerzo para dar a conocer a la empresa y sus productos, donde se deben considerar viajes para visitar empresas en otros países, esfuerzos de marketing para dar a conocer la empresa y sus productos, gastos en muestras, folletos, etc. Este gasto será calculado como el 15% de los ingresos por ventas. Los años siguientes este será calculado como el 6% de los ingresos por ventas.

6.5. Depreciación de Activos Fijos

Se consideró una depreciación lineal de 10 años para las maquinarias y de 25 años para las obras civiles. La siguiente tabla muestra la depreciación de maquinarias y obras civiles:

Tabla 6.14.: Depreciación de activos fijos

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TOTAL	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926

Fuente: Elaboración propia

6.6. Capital de Trabajo

Dado que este producto es pagado en el momento en que se entrega el producto final al cliente, y durante la puesta en marcha de la planta se debe captar cliente mediante diversas estrategias, se estimará un capital de trabajo

para cubrir los primeros 4 meses de producción⁴⁸, período en el cual los costos son más altos debido a que durante los primeros meses se debe adquirir y recolectar la materia prima.

6.7. Valor Residual

Para estimar el valor residual de los activos se supuso que los activos se venderán en el mercado a un valor inferior a su costo inicial.

Para las maquinarias se supuso que éstas serán vendidas a un valor igual al 30% de su valor inicial, más el de las obras civiles, al valor residual de éstos depreciados a 25 años, más el valor del terreno.

6.8. Flujo de Caja

Se tomarán 2 casos. La evaluación para el proyecto sin financiamiento, es decir sin acudir a préstamos bancarios; y la evaluación del proyecto con financiamiento, es decir endeudándose mediante un préstamo bancario.

Se estudiarán ambos casos con el fin de estudiar como afecta al resultado del proyecto el caso de financiar parte de éste mediante crédito bancario y así comparar ambos casos.

La evaluación se realizará considerando un horizonte de 10 años y la tasa de descuento utilizada es de 15% según recomendación de expertos y de acuerdo a la tasa utilizada en proyectos químicos similares.

En la tabla 6.15. se muestra el flujo de caja, realizado con la ayuda del software Excel, para el proyecto. Se observa un valor presente neto (VPN) de \$285.475 dólares, una tasa interna de retorno (TIR) de 17,76% y un período de recuperación del capital (PRC) de 6 años. Como se puede apreciar, la TIR es cercana a la tasa de descuento, lo que nos indicaría que el éxito del proyecto no está asegurado y que se debe poner cuidado a la hora de decidir invertir en la realización de este proyecto

Por otra parte, si se optara por utilizar gas natural en reemplazo de fuel oil se observa un VPN de \$114.828 dólares, una TIR de 16,11% y un PRC de 6 años. Se observa que esta alternativa entrega un VPN y una TIR más baja que la anterior. La utilización de gas natural implica un menor impacto ambiental, sin embargo existe una mayor incertidumbre de abastecimiento de este combustible debido a los problemas actuales con Argentina y la incertidumbre con respecto al abastecimiento futuro. El flujo de caja se adjunta en el Anexo 5.4.

Se debe señalar que se deben buscar alternativas al uso del Fuel Oil si se quiere reducir el impacto ambiental producido por el uso del horno y calderas. Por otro lado se debe considerar una alternativa económica ya que al utilizar un combustible más caro el proyecto no resulta económicamente rentable.

⁴⁸ Abdón Zomosa

Tabla 6.15.: Flujo de Caja caso Sin Financiamiento.

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		816.608	744.177	769.791	796.712	825.363	834.965	834.965	834.965	834.965	834.965
<i>Variables</i>		300.387	317.755	335.100	353.148	372.296	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		72.088	77.910	83.678	89.375	95.396	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285
Combustible Caldera + Agua		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (Sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		516.221	426.422	434.691	443.564	453.067	455.455	455.455	455.455	455.455	455.455
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantenición		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas y Marketing		171.000	73.188	78.311	83.793	89.658	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros (Administración)		17.021	25.033	28.179	31.570	35.208	36.054	36.054	36.054	36.054	36.054
INGRESO BRUTO		323.392	475.623	535.395	599.837	668.945	685.035	685.035	685.035	685.035	685.035
Depreciaciones		- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		235.466	387.697	447.469	511.911	581.019	597.109	597.109	597.109	597.109	597.109
Impuesto (17%)		- 40.029	- 65.909	- 76.070	- 87.025	- 98.773	- 101.508	- 101.508	- 101.508	- 101.508	- 101.508
UTILIDAD NETA		195.437	321.789	371.399	424.886	482.246	495.600	495.600	495.600	495.600	495.600
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		283.363	409.715	459.325	512.812	570.171	583.526	583.526	583.526	583.526	583.526
Inversión		- 2.124.179									
Capital de Trabajo		- 272.203									272.203
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA		- 2.396.382	283.363	409.715	459.325	512.812	570.171	583.526	583.526	583.526	1.867.057

VPN	285.475 USD
TIR	17,76%
PRC	6 años

Fuente: Elaboración Propia

6.9. Análisis de Sensibilidad Caso Sin Financiamiento

Se sensibilizarán las principales variables que podrían afectar al proyecto, estas son: precio del producto, crecimiento proyectado de la demanda, precio de combustible y tipo de cambio; considerando escenarios optimistas y pesimistas, con el fin de determinar como se comporta el proyecto si varían los supuestos aplicados a éste. Se realizará un análisis unidimensional, es decir variando solo una de las variables y dejando el resto constante.

Para estudiar el comportamiento de estas variables se estudiaron los siguientes escenarios:

- Variación del precio por tonelada en -10%, -5% y +5%
- Variación del precio del combustible en -20%, +20% y +50%
- Variación del crecimiento anual de la demanda de 3% y de 10%, de acuerdo al crecimiento observado en diferentes años, teniendo en cuenta la restricción de capacidad.
- Alza y baja del tipo de cambio en un 3%, según los valores que se han observado en los últimos meses.

En el Anexo 5.5. se encuentran los flujos de caja para cada caso y en la siguiente tabla se muestran los resultados del análisis de sensibilidad:

Tabla 6.16.: Resultados análisis de sensibilidad

Variable	Variación	VPN (USD)	TIR (%)	PRC (años)
Precio	Disminución 10%	-144.885	13,57%	7
	Disminución 5%	70.295	15,69%	6
	Aumento 5%	500.655	19,79%	5
Precio Combustible	Disminución 20%	382.709	18,70%	6
	Aumento 20%	188.241	16,82%	6
	Aumento 50%	42.390	15,41%	6
Crecimiento Demanda	3% anual	37.147	15,37%	6
	10% anual	365.998	18,55%	6
Tipo de Cambio	Baja 3% (\$523,8 por US\$)	149.120	16,41%	6
	Sube 3% (\$556,2 por US\$)	413.888	19,10%	6

Fuente: Elaboración propia

Además se buscaron con ayuda de Excel los valores críticos para cada una de estas variables, es decir, los valores donde el VAN es cero y la TIR es igual a la tasa de descuento. Estos valores se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.17.: Valores críticos de las variables sensibilizadas

Variable	Valor crítico
Precio por tonelada	US\$ 1.774
Precio Combustible	\$457,8 por litro
Crecimiento demanda	2,00%
Tipo de Cambio	\$507,06 por US\$

Fuente: Elaboración propia

6.10. Evaluación Económica Con Financiamiento

Se evaluará económicamente el caso de pedir un crédito bancario con el objetivo de estudiar como se comporta el proyecto en este caso.

Se consideró un préstamo equivalente al 60% de la inversión inicial pagadero en 6 cuotas anuales fijas. La tasa de interés para este monto es de 9,5% anual.

Considerando un préstamo equivalente al 60% de la inversión total, una tasa anual de un 9,5% y con una tasa de descuento de 15%, se puede calcular la nueva tasa de descuento con el modelo WACC:

$$r_{WACC} = \left(\frac{D}{V}\right) * r_d * (1-T) + \left(\frac{P}{V}\right) * r_p$$

Donde r_{WACC} representa al costo promedio ponderado del capital, D corresponde al capital de terceros (deuda), P al capital propio sin deuda, V al patrimonio total, r_d a la tasa de interés de la deuda, r_p al costo de capital propio y T al impuesto a la renta. Se tienen los siguientes valores:

Tabla 6.18.: Valores para cálculo del costo promedio ponderado del capital

D	1.279.743
P	1.125.456
V	2.405.199
Rd	0,095
Rp	0,15
T	0,17
WACC	0,112

Fuente: Elaboración propia.

Con esto se obtiene que la nueva tasa de descuento es 11,2%.

Se considera un préstamo en 6 cuotas fijas. El valor de la cuota, amortizaciones e interés se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 6.19.: Plan de pago de cuotas a 6 años.

Año	0	1	2	3	4	5	6
Monto	1.279.743	1.111.773	927.845	726.444	505.910	264.426	0
Amortización		167.971	183.928	201.401	220.534	241.485	264.426
Interés		121.576	105.618	88.145	69.012	48.061	25.120
Cuota		289.546	289.546	289.546	289.546	289.546	289.546

Fuente: Elaboración propia.

Con estos datos, se obtiene un VPN de \$915.722 dólares, una TIR de 22,14% y un período de recuperación de capital de 6 años. El flujo de caja del proyecto con financiamiento de muestra en la tabla 6.20.

Tabla 6.20.: Flujo de Caja caso Con Financiamiento Bancario

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		816.608	744.177	769.791	796.712	825.363	834.965	834.965	834.965	834.965	834.965
<i>Variables</i>		300.387	317.755	335.100	353.148	372.296	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
INGRESO BRUTO		323.392	475.623	535.395	599.837	668.945	685.035	685.035	685.035	685.035	685.035
Gastos financieros	-	121.078	105.186	87.785	68.730	47.865	25.018	-	-	-	-
Depreciaciones	-	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		114.388	282.511	359.684	443.181	533.154	572.091	597.109	597.109	597.109	597.109
Impuesto (17%)	-	19.446	48.027	61.146	75.341	90.636	97.255	101.508	101.508	101.508	101.508
UTILIDAD NETA		94.942	234.484	298.538	367.840	442.518	474.836	495.600	495.600	495.600	495.600
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		182.868	322.410	386.464	455.766	530.444	562.761	583.526	583.526	583.526	583.526
Inversión	2.124.179										
Capital de Trabajo	-	272.203									272.203
Prestamo	1.274.507										
Valor Residual											1.011.328
Amortizaciones		167.283	183.175	200.577	219.632	240.497	263.344	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA	-	1.121.874	15.584	139.235	185.887	236.134	289.947	299.418	583.526	583.526	1.867.057

VPN	915.722 USD
TIR	22,14%
PRC	6

Fuente: Elaboración Propia

Capítulo 7: Conclusiones y Recomendaciones

El presente estudio mostró que existe un potencial en el país para la fabricación de carbón activado de buena calidad, aplicable a una gran cantidad de industrias, principalmente en la minería de oro y en el tratamiento de líquidos residuales. En Chile existe disponibilidad de materia prima suficiente, adecuada y a bajo costo para la fabricación de distintos tipos de carbones activados. Esta materia prima son los cuescos de carozo, tales como duraznos, damascos e incluso ciruelas, los cuales son desechados por las empresas conserveras ubicadas en la zona central del país.

De acuerdo al estudio de mercado se observó que gran parte del carbón activado consumido en Chile es importado, representando una cantidad cercana al 70%. Esto debido a que existe una restricción de capacidad ya que en Chile se cuenta con una planta de 500 toneladas anuales, lo cual se traduce en que la oferta no alcanza a cubrir la demanda interna del país, teniéndose que importar gran parte de este producto. Esto se deduce de las cifras de importación y a que existen importadoras que comercializan carbón activado para las aplicaciones ya mencionadas. Además existe, en una baja proporción, carbones activados que no son factibles de producir en Chile, ya sea por un tema económico o por la ausencia de materia prima disponible para su fabricación.

Por otra parte Latinoamérica presenta un gran nivel de actividad minera aurífera, principalmente Perú. Esta industria representa un mercado potencial para el carbón activado ya que en yacimientos de oro y plata de baja ley los métodos más utilizados para la recuperación de oro involucran el uso de carbón activado. Además en la industria en general cada día se están buscando nuevas alternativas para invertir en métodos que permitan tratar cualquier tipo de contaminante de manera de reducir el impacto al medio ambiente y así poder cumplir con las exigencias de producción limpia de cada país. Dentro de estas alternativas se encuentra el tratamiento a través de filtros y columnas de carbón activado, un método aplicable al tratamiento de líquidos que implica un bajo costo para las empresas.

A nivel latinoamericano se concluye que existe un mercado importante al que se podría llegar a precios competitivos. En la región el nivel de importaciones ha presentado un crecimiento cercano al 10% anual, llegando a 1.300 toneladas el año 2006. A nivel latinoamericano las importaciones llegaron durante el 2005 a las 20.000 toneladas donde aproximadamente el 80% de las importaciones pertenecen a los principales países, estos son, Brasil, México, Argentina, Chile y Perú. Además en la región una restricción de capacidad debido al escaso número de plantas existentes.

Del estudio técnico se concluye que a partir de los cuescos de carozo, más específicamente de duraznos, que es en el que se centró este estudio, es posible lograr calidades aptas para abarcar una gran cantidad de aplicaciones. El principal índice que da cuenta de la capacidad de adsorción de un carbón activado es el índice de yodo. Sin embargo no se deben dejar de lado otros

índices importantes como la dureza y el nivel de cenizas del carbón los cuales también influyen en la calidad del producto. Los índices asociados a la calidad de un carbón activado pueden ser alcanzados mediante el control adecuado de las variables que influyen en la producción. Estas son la temperatura, el tiempo de residencia en el horno y el agente oxidante utilizado. Dado el gran potencial de la materia prima bajo estudio, se deben realizar experimentos con el objetivo de encontrar los parámetros adecuados para lograr los requerimientos de cada industria y, más aún, de cada cliente.

Por otra parte se concluyó que la decisión de localización de la planta se debe principalmente a la disponibilidad de materia prima debido al bajo rendimiento de ésta, lo que se traduce en que la cantidad de cuescos a recolectar es superior a tres veces la cantidad del producto final que se obtiene del proceso. A partir de esto, las ubicaciones adecuadas para la planta se encuentran en la Sexta Región y Región Metropolitana, optándose por esta última dada la cercanía a las principales conserveras, ubicadas en la zona sur de la región.

En cuanto a la capacidad instalada de la planta se determinó una capacidad de producción anual de 800 toneladas, representando una cuota de aproximadamente el 45% del mercado del país, y aproximadamente un 4,4% del mercado latinoamericano. Esta decisión se basa en los estudios de mercado, en la existencia de plantas en la región cuyas capacidades van entre 500 y 1.200 toneladas y en que las calidades que pueden fabricarse permiten ofrecer una gama de productos para diferentes aplicaciones.

Para dar a conocer la empresa y el producto se debe poner un gran esfuerzo de marketing en el primer año de operación, de manera de dar a conocer las propiedades, beneficios y aplicaciones del producto. Además se deben centrar esfuerzos en la calidad del servicio para cada cliente de manera de captarlos y retenerlos y así lograr las proyecciones de producción del proyecto. Para esto se contará con laboratorios y personal capacitado para lograr los niveles deseados de servicio y calidad.

Con respecto al estudio legal, el proyecto no se ve afectado por la ley 19.300, por lo que no está obligado a someterse al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental. Sin embargo, y dado que el proyecto involucra el uso de un combustible contaminante, se recomienda someterse voluntariamente, previo análisis de pertinencia para realizar la evaluación según lo estipulado en el artículo 11 de la ley 19.300. Además, dado que la Región Metropolitana ha sido declarada zona saturada, se debe realizar una solicitud de compensación que establece que las nuevas fuentes fijas deben compensar sus emisiones con fuentes ya establecidas. Además se proponen una serie de medidas para el control de la contaminación y el impacto ambiental.

En cuanto a la evaluación económica, se observa que el nivel de inversión es de gran magnitud, alcanzando los US\$2.415.000, siendo la inversión en obras civiles la que más repercute en este monto ya que se debe habilitar una zona con condiciones especiales para el almacenamiento de la materia prima de manera de evitar la descomposición de ésta. El nivel de inversión es superior a

los 2 millones de dólares, lo que representa una barrera de entrada para empresas que quisieran entrar al mercado.

La evaluación económica sin financiamiento arrojó un valor presente neto de \$285.475 dólares con una tasa interna de retorno de 17,76%, mayor que la tasa de descuento utilizada (15%), sin embargo esta diferencia no es significativa lo que no asegura que el proyecto sea muy atractivo para invertir. En el caso de cambiarse a gas natural como combustible, pensando en que este disminuye el daño medio ambiental, se observa que el VPN disminuye a \$114.828 dólares y la TIR a 16,11% haciendo menos atractivo el proyecto. Por otra parte, si se considera un financiamiento mediante un préstamo bancario se observa que el VPN y la TIR aumentan a \$915.722 dólares y 22,14% respectivamente, lo que aumenta el atractivo del proyecto. Sin embargo, al observar las tasas internas de retorno de las diferentes alternativas, se sugiere realizar una evaluación de factibilidad que entregue una mayor precisión en los resultados antes de decidir si realmente conviene o no invertir en este proyecto.

El análisis de sensibilidad arrojó que las variables que más podrían afectar al proyecto son el precio por tonelada y el tipo de cambio, ya que ante pequeñas variaciones porcentuales de estas variables el resultado varía significativamente. En el caso del precio se observa que si éste disminuye en un 10% el proyecto ya deja de ser económicamente rentable ya que el VPN resulta negativo y la TIR es menor a la tasa de descuento. En el caso del tipo de cambio, el cual afecta a la inversión y los costos del proyecto, una baja de un 6,1% de éste haría que el proyecto no resultará rentable.

Se observa que si el crecimiento anual de la demanda es menor al proyectado no hay una variación significativa en el resultado de la evaluación. Se proyectó un crecimiento de un 7%. En el caso de que este crecimiento fuera de un 2% el proyecto deja de ser rentable.

Por otra parte se observa que si el precio del fuel oil aumentara en un 63,5%, llegando a unos \$457,8 por litro, el VPN llega a cero, lo que muestra que el precio del combustible influye pero en un grado menor a otras variables. El fuel oil es el combustible recomendado para el uso en hornos, sin embargo, la gran desventaja que posee este combustible es su alto nivel de contaminación lo que hace pensar en alternativas menos contaminantes, pero más costosas, como el gas natural, o también el uso de petróleo diesel para el calentamiento en el horno, teniendo en cuenta los riesgos que se deben asumir, por ejemplo, en el caso del gas los cuales se refieren al abastecimiento de este combustible y a las posibles variaciones en su precio debido a la incertidumbre por la crisis del gas con Argentina, lo que hace poco conveniente pensar en esta opción.

Luego, en el caso de seguir con el estudio de factibilidad se recomienda enfocarse a una evaluación con financiamiento bancario ya que de esta manera el proyecto se hace más atractivo, entregando un VPN y una TIR mayor al del caso sin financiamiento. Se deben sensibilizar las variables que afectan al resultado del proyecto, y además estudiar distintos casos en cuanto al monto a financiar con crédito, las tasas aplicadas y el número de cuotas del préstamo.

Dado el poco conocimiento en Chile de este producto, se hace difícil el acceso a información respecto al estudio del proceso de producción, se recomienda enfocar el estudio de factibilidad en el estudio técnico del proyecto centrándose en los aspectos químicos del proceso, contando con ingenieros civiles químicos que realicen experimentos a nivel de laboratorio para la obtención de diferentes calidades de carbones activados.

Bibliografía y Fuentes de Información

- Apuntes Curso Evaluación de Proyectos (IN42A). Semestre Otoño 2004
- ÁLVAREZ M., XIMENA. 1989. Obtención de Carbón Activado a Partir de Cuescos de Frutas. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Universidad de Chile
- BASCUR F., MARITZA y MORALES H., JUAN CARLOS. 1987. Obtención de Furfural y Carbón Activado a partir de la Mazorca de Maiz. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Chile.
- HASSLER, JOHN W. 1963. Activated Carbon.
- OROZCO F., ROGELIO. 1982. Aplicación del Carbón Activado a la Tecnología del Oro. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico. Universidad de Chile.
- PERRY, JOHN H. 1986. Chemical Engineers. Ed. Mc Graw Hill, New York.
- PERRY, ROBERT. 2001. Manual del Ingeniero Químico. Versión digital.
- SABUGO P., LAURO. 2005. Evaluación Técnico Económica de una Planta de Aceite Crudo de Raps. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Industrial. Universidad de Chile.
- SAPAG C. NASSIR. 2004. Preparación y Evaluación de Proyectos. Chile. Mc Graw Hill.
- ZEUSCHKEVICH, MIGUEL. 1980. Evaluación Técnico Económica de una Planta de Cianuración de Minerales Auríferos. Memoria para optar al título de Ingeniero Civil Químico, Universidad de Chile.
- ZOMOSA, ABDÓN. 1993. Manual de Proyectos de Ingeniería Química. Universidad de Chile. Santiago de Chile.
- Boletines de Importaciones de la Cámara de Comercio.
- Banco Central, www.bancocentral.cl
- Cámara de Comercio de Santiago, www.ccs.cl
- Prochile, www.prochile.cl
- Centro Internacional de Comercio, ITC, www.trademap.org

- Aduana de Perú, www.aduanet.gob.pe
- Servicio Nacional de Aduanas, www.aduanas.cl
- Comisión Nacional de Energía, CNE, www.cne.cl
- Asociación de Empresas de alimentos de Chile, www.chilealimentos.cl
- Contactos con Empresas Conserveras
 - i. Frutos del Maipo
 - ii. Wasil
 - iii. Aconcagua Foods
 - iv. Agrozzi
 - v. Frigoditzler

ANEXOS

ANEXO 1: Aplicaciones del Carbón Activado

El carbón activado puede ser utilizado en las siguientes aplicaciones:

- a. Remoción de impurezas que le dan color, olor y sabor al agua potable y tratamiento de agua en procesos industriales.

Para la purificación de agua potable es bastante normal utilizar carbones activados impregnados con pequeñas proporciones de plata, por su efecto bactericida. En el caso de la eliminación de olores de las plantas depuradoras de aguas residuales, el carbón activado suele ser impregnado con hidróxido sódico o potásico. En el caso de tratamiento de agua en procesos industriales, el carbón activado preferido es el carbón activado granular. Debido a la simplicidad y bajo costo del tratamiento, el uso del carbón activado se ha extendido rápidamente por el mundo.

- b. Uso médico, para tratamiento de intoxicaciones agudas.

El carbón activado es utilizado para tratar envenenamientos y sobredosis por ingestión oral. Previene la absorción del veneno en el estómago. Tiene nombres comerciales como InstaChar, SuperChar, Actidose y Liqui-Socarra, pero por lo general se le llama simplemente carbón activado.

Además se utiliza en la eliminación de impurezas incoloras de productos químicos en la industria farmacéutica. El uso de carbón activado en este tipo de procesos lo hace más comercializable y se extiende a diversos productos químicos, por ejemplo, cafeína, ácido cítrico, glicerina, entre otros. La función del carbón es eliminar impurezas incoloras de las soluciones antes de proceder a la cristalización. El carbón activado se usa cuando la cantidad de impurezas es pequeña.

- c. Recuperación de solventes

Cuando los solventes están contaminados con impurezas que pueden ser eliminadas por adsorción, se utiliza carbón activado el cual proporciona un tratamiento a bajo costo. Muchos solventes son volátiles y el escape de vapor a los lugares de trabajo puede causar daños a la salud, desde incendios hasta explosiones.

- d. Purificación de aire y gases

Se hace recircular el aire pasándolo continuamente a través de una columna de carbón activado granular. En áreas donde el smog prevalece, el aire del exterior puede ser pasado a través de carbón activado antes de ser admitido en cuartos cerrados.

Los filtros con carbón activado granular se utilizan generalmente en la purificación de aire y de gas para quitar vapores de aceite, olores y otros

hidrocarburos del aire y del gas comprimido. Los diseños más comunes utilizan un principio de la filtración de una etapa o de dos etapas donde el carbón activado se introduce como medio filtrante.

- e. Eliminación de olores en lugares cerrados, bodegas, refrigeradores, mejoramiento de olores y sabores en alimentos.

El carbón activado se utiliza para eliminar olores y además para mejorar el olor y el sabor de alimentos tales como gelatina, sopas envasadas, vinagre, etc. El uso de carbón activado no altera el producto y el hecho de ser insoluble no conduce a reacciones compuestas en los alimentos como ocurre con varios tratamientos químicos.

- f. Evitar la maduración prematura de frutas y verduras

El carbón activado puede ser utilizado como adsorbente de etileno, con lo cual se evita la maduración prematura de frutas y verduras.

- g. Recuperación de oro y plata

Varios procesos en la minería utilizan el carbón activado para recuperar oro y plata de soluciones cianuradas. La selectividad del carbón activado por el oro es mayor que por la plata, debido a problemas de tamaños relativos de estos átomos y densidad de carga.

La cantidad de oro adsorbido varía con la calidad del carbón activado y también con las características de la solución a tratar. Entre las características que debe cumplir el carbón activado para este tipo de aplicaciones se encuentra: alta dureza, alta área superficial y poder de adsorción.

Gracias al carbón activado granular es posible la recuperación de oro desde soluciones alcalinas diluidas que contengan cantidades muy pequeñas de oro en solución, es decir, su aplicación ha permitido explotar yacimientos de baja ley, con el concurso de métodos de bajo costo de lixiviación, como es la lixiviación en pilas o para tratar pulpas provenientes de agitación sin utilizar lavado en contracorriente, como en el proceso de carbón en pulpa, rebajando los costos de capital para la planta.

- h. Catálisis.

El carbón activado es usado como catalizador en diversas reacciones, como soporte de otros catalizadores y como promotor de una reacción específica cuando existen dos reacciones alternativas.

- i. Decoloración de azúcares, mieles y caramelos.

El carbón activado es empleado en las refinerías de azúcar de remolacha como adsorbente de impurezas coloreadas; el carbón

activado proporciona un producto de mayor calidad y además permite una gran flexibilidad en la manufacturación.

j. Decoloración de licores, jugos, vinagres.

Whisky, cerveza, vodka y otros licores son mejorados por tratamientos con carbón activado especialmente para la eliminación del sabor que adquieren estas bebidas después de la destilación.

k. Industrias de aceites y mantecas comestibles

Las industrias refinadoras de aceites y mantecas comestibles están entre los principales consumidores de carbón activado para usarlo en el proceso de purificación de elementos contaminantes y mejoramiento del color.

l. Otras aplicaciones

Uso en filtros de cigarrillos, recuperación de yodo de aceites de petróleo, recuperación de sustancias bioquímicas adsorbibles que son muy difíciles de purificar, entre otras. Además puede ser utilizado en la detección de huellas dactilares.

ANEXO 2: Estudio de Mercado

Anexo 2.1: Importaciones de los Principales Países de Latinoamérica

Importaciones de Perú durante el año 2005

<i>País de origen</i>	<i>Valor FOB (US\$)</i>	<i>Valor CIF (US\$)</i>	<i>Peso Neto (toneladas)</i>	<i>Precio (US\$/ton)</i>
Sri Lanka	383.490	447.353	300	1.488
Holanda	353.536	378.591	151	2.492
EEUU	216.275	250.642	145	1.718
Filipinas	150.342	195.993	132	1.481
Indonesia	121.905	166.156	134	1.233
India	106.526	121.322	70	1.733
Brasil	64.299	85.124	85	993
México	58.817	61.481	47	1.282
China	38.691	47.609	31	1.506
Australia	22.604	25.156	18	1.398
Malasia	15.527	18.344	10	1.834
Ecuador	14.000	14.550	12	1.213
Reino Unido	10.623	12.520	8	1.459
Canadá	3.822	6.220	1	5.964
Argentina	3.509	3.771	1	2.901
TOTAL	1.565.552	1.838.118	1.153	1.593

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Importaciones de Chile durante el año 2006

<i>País</i>	<i>Valor Importado (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (Toneladas)</i>	<i>Precio unitario (US\$/ton)</i>
EE.UU	436	176	2.477
México	409	330	1.239
Reino Unido	348	227	1.533
Holanda	131	54	2.426
Sri Lanka	53	22	2.409
China	45	42	1.071
Italia	41	7	5.857
Filipinas	35	25	1.400
Canada	25	14	1.786
España	23	10	2.300
Total	1.902	1.403	1.356

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Los datos de importaciones desglosados por país de origen para el año 2005 no están disponibles.

Importaciones de Brasil durante el año 2004

<i>Pais</i>	<i>Valor CIF (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (Toneladas)</i>	<i>Precio unitario (US\$/ton)</i>
EE.UU.	3.323	935	3.554
Francia	698	235	2.970
Indonesia	593	521	1.138
México	484	460	1.052
Holanda	429	392	1.094
Italia	280	99	2.828
Reino Unido	262	101	2.594
Filipinas	182	109	1.670
China	178	236	754
Japón	74	21	3.524
Total	6.731	3.178	2.118

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Importaciones de Argentina durante el año 2004

<i>Pais</i>	<i>Valor CIF (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (Toneladas)</i>	<i>Precio unitario (US\$/ton)</i>
China	1.330	1.022	1.301
Holanda	1.071	212	5.025
EE.UU.	743	303	2.452
Francia	474	274	1.730
México	473	358	1.321
Reino Unido	321	190	1.689
Brasil	138	156	885
Total	4.593	2.531	1.815

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Importaciones de México durante el año 2005

<i>Pais</i>	<i>Valor CIF (miles de US\$)</i>	<i>Cantidad (Toneladas)</i>	<i>Precio unitario (US\$/ton)</i>
EE.UU.	9.392	3.722	2.523
Filipinas	1.298	415	3.128
China	409	256	1.598
Holanda	280	73	3.836
Tailandia	250	147	1.701
Reino Unido	216	68	3.176
Sri Lanka	169	270	626
Alemania	54	129	419
Japón	49	11	4.455
Francia	38	18	2.111
Austria	18	10	1.800
Malasia	12	7	1.714
Taiwán	5	2	2.500
Turquía	3	2	1.500
Total	12.278	5.142	2.388

Fuente: ITC, Centro Internacional de Comercio

Anexo 2.2.: Disponibilidad de Materia Prima

i. Frutos del Maipo⁴⁹

Frutos del Maipo se ubica en la comuna de Buín en la Región Metropolitana. Fabrica, entre otros productos, duraznos en conserva. A partir del proceso de fabricación de este producto se obtiene el cuesco de esta fruta, la cual es desechada, teniendo como destino los botaderos de esta empresa donde luego son recogidos para ser botados como basura, es decir, estos cuescos no tienen ningún uso alternativo. El costo de llevarse estos cuescos sería solo el costo de transportarlos desde Frutos del Maipo (kilómetro 35, ruta 5 sur, Linderos) hasta la planta de carbón activado.

La siguiente tabla muestra los datos de producción de duraznos y la disponibilidad de cuescos entregados por Frutos del Maipo:

Tabla 3.16.: Datos entregados por Frutos del Maipo.

	Duraznos	Damascos
Temporada de Producción	Diciembre - Marzo	Diciembre
Niveles de Producción (tons.)	1000	240
Cuescos desechados (tons.)	100	24
Precio de los cuescos (\$/Kg)	0	0

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en Frutos del Maipo

ii. Frigoditzler⁵⁰

Frigoditzler se ubica en la comuna de Maipú, en Calle Santa Marta 2001. Esta empresa vende sus cuescos a \$5 el kilo los cuales son utilizados principalmente para leña. Pueden ser retirados en camionadas de 400 Kilos.

La siguiente tabla muestra los datos de producción de duraznos y la disponibilidad de cuescos entregados por Frigoditzler:

Tabla 3.17.: Datos entregados por Frigoditzler

	Duraznos	Damascos
Temporada de Producción	Enero - Abril	Noviembre - Enero
Niveles de Producción (tons.)	120	50
Cuescos desechados (tons.)	12	5
Precio de los cuescos (\$/Kg)	5	5

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en Frigoditzler

Como vemos en la tabla anterior, Frigoditzler es una empresa muy pequeña, por lo que su aporte de materia prima a la planta no sería significativo.

⁴⁹ Esteban Silva, Encargado de producción de frutas Frutos del Maipo.

⁵⁰ Alfonso Narváez, Jefe de dpto. de abastecimiento, Frigoditzler Ltda..

iii. Aconcagua Foods⁵¹

Aconcagua Foods se ubica en la comuna de Buin, en José Alberto Bravo #0278 en la Región Metropolitana. Esta es una de las empresas con mayores niveles de producción de frutas y verduras del país.

Los cuescos generados en los procesos productivos se venden para ser usados principalmente como combustible para leña, sin embargo lo que se vende es muy poco, siendo el resto desechado. Se generan aproximadamente en la temporada de Enero hasta la primera semana de Abril.

La siguiente tabla muestra los datos de producción de duraznos y la disponibilidad de cuescos entregados por Aconcagua Foods:

Tabla 3.18.: Datos entregados por Aconcagua Foods

	Duraznos	Damascos
Temporada de Producción	Diciembre - Abril	Noviembre - Enero
Niveles de Producción (tons.)	28.000	3.000
Cuescos desechados (tons.)	2.800	300
Precio de los cuescos (\$/Kg)	5	17

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en Aconcagua Foods

iv. Wasil⁵²

Wasil se ubica en la comuna de Quilicura, en Américo Vespucio Norte N°1361. Sus niveles de producción son los siguientes:

La siguiente tabla muestra los datos de producción de duraznos y la disponibilidad de cuescos entregados por Wasil:

Tabla 3.19: Datos entregados por Wasil

	Duraznos	Damascos
Temporada de Producción	Diciembre - Marzo	Noviembre - Enero
Niveles de Producción (tons.)	Entre 3.000 y 5.000	350
Cuescos desechados (tons.)	Entre 510 y 850	25
Precio de los cuescos (\$/Kg)	5	5

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en Wasil

Los carozos deben ser retirados diariamente, dado que sus instalaciones no son de gran tamaño.

⁵¹ Renato Rodríguez, Aconcagua Foods

⁵² Eric Arancibia, Jefe de Planta Wasil

v. Agrozzi⁵³

Agrozzi es una de las empresas con mayores niveles de producción, La siguiente tabla muestra los datos de producción de duraznos y la disponibilidad de cuescos entregados por Agrozzi:

Tabla 3.20: Datos entregados por Agrozzi

	Duraznos	Damascos
Temporada de Producción	Diciembre - Abril	-
Niveles de Producción (tons.)	60.000	-
Cuescos desechados (tons.)	6.000	-
Precio de los cuescos (\$/Kg)	10	-

Fuente: Elaboración propia con datos obtenidos en Agrozzi

⁵³ Christian Rubio, Empresas Carozzi S.A.

ANEXO 3: Estudio Técnico

Anexo 3.1.: Empresas Comercializadoras y/o Consumidoras de Carbón Activado en Latinoamérica.

	Empresa	País		Empresa	País
1	Acquatécnica	Argentina	73	Alcar Distribuciones	Colombia
2	Blanco y Salgado S.A.	Argentina	74	Asequimicos Ltda.	Colombia
3	Conarlub S.R.L.	Argentina	75	Automacion Ltda	Colombia
4	Control Analítico SRL	Argentina	76	Depurar Ltda.	Colombia
5	Cosmaca SRL	Argentina	77	Dillmann Import Ltda	Colombia
6	Cuno Latina Ltda.	Argentina	78	Ingenieros Asesores en Tratamiento de Aguas	Colombia
7	ElectroCastelao	Argentina	79	Xijma Ltda.	Colombia
8	Faisan S.A.	Argentina	80	Aquamark	Rep. Dominicana
9	Filsan Argentina S.A.	Argentina	81	Interinox S. A.	Ecuador
10	Filtomat Water systems SRL	Argentina	82	Quimicarb S.A.	Ecuador
11	Gaisa	Argentina	83	Water Pure Parati	Guatemala
12	GEA Westfalia Separator Argentina	Argentina	84	Carbotecnia	México
13	Grupo Americano de Intercambio S.A.	Argentina	85	Acs Medio Ambiente S.A. México D.F.	México
14	Hidrocomponentes S.A.	Argentina	86	Aguaisa S.A. de C.V.	México
15	Idenor Ingeniería S.A.	Argentina	87	Aguatec	México
16	Inhi Argentina	Argentina	88	Antracita mineral	México
17	IPA Argentina S.A.	Argentina	89	Apelsa Guadalajara	México
18	Lihué Ingeniería	Argentina	90	Aquality Division Tratamiento de Agua S.A	México
19	Maxide S.A.	Argentina	91	Aquaser, S.A.	México
20	Orbital	Argentina	92	Aquavita sistemas, SA	México
21	Osmótika	Argentina	93	Aveta	México
22	Qmi Argentina	Argentina	94	Bio-Ingeniería Internacional SA	México
23	Reisa	Argentina	95	Bios Ecología Integral S.A.	México
24	Tecsa	Argentina	96	Comercializadora Olieva	México
25	Van der Molen Argentina	Argentina	97	Distribuidora	México
26	Consultora Quiroz	Bolivia	98	Distribuidora Remeke	México
27	Alpina	Brasil	99	Energia Eficiente	México
28	AquaMundi Com. Import. Export. Ltda.	Brasil	100	Equipos de Purificación de agua Aquasystem	México
29	Brasilac Industrias Químicas Ltda	Brasil	101	Filcarbo S.A	México
30	Comercial VR	Brasil	102	Grupo Comercializador Hidroagua SA	México
31	E.F Elementos Filtrantes Ind. Com. Ltda.	Brasil	103	Grupo Coss SA	México
32	Hidro Filtros do Brasil	Brasil	104	Grupo EMESA	México
33	Original Aquaplus Filtração Ind. e Com. Ltda	Brasil	105	Grupo Leeman Internacional, S.A.	México
34	Purisob Industrial Ltda.	Brasil	106	Grupo Novem	México
35	Total Air Equipamentos Ltda.	Brasil	107	Helguera Y Asociados, S.A.	México
36	Biolight S.A	Chile	108	Hidrobart S.A.	México
37	ACP. Aquasystem	Chile	109	HidroPure SA	México
38	Agrocomercial Verde Andes Ltda.	Chile	110	Hidrosistemas y Desarrollo de Tratamiento de Agua	México
39	AGT Group - American Gate Trading	Chile	111	Importec S.A.	México
40	Aguapur Ltda.	Chile	112	Instapura	México
41	Aguasín Ltda.	Chile	113	Instraval S.A.	México
42	Altair S.A.	Chile	114	International Trading Concept	México
43	Amway Chile S.A.	Chile	115	Jimaja de Mexico, S.A.	México
44	Aquarel	Chile	116	Judo México, S.A.	México
45	Bapa S.A.	Chile	117	Lancelto	México
46	Comercial Carlos Sedille E.I.R.L.	Chile	118	Odis Grupo Empresarial	México
47	Cotaco Ltda.	Chile	119	Orken Group Mexico S.A. de C.V.	México
48	Despurifil Ltda.	Chile	120	Proagua	México
49	Ecología & Futuro Cia Ltda	Chile	121	Profilquime de México S.A.	México
50	Ecozone	Chile	122	Servicios Agropruarios Rocavira, S.A	México
51	Edessa	Chile	123	Servicios Y Equipos Para Agua, S.A.	México
52	Fibra S.A.	Chile	124	Sistemas y Equipos de Purificación, S.A.	México
53	Filtración Industrial Ltda.	Chile	125	Solitec S.A.	México
54	Hidragua S.A.C.I.	Chile	126	Tratamiento Integral de Agua S.A.	México
55	Hydro Quality Ltda.	Chile	127	Trikaya True Technologies	México
56	Infraplast S.A.	Chile	128	Vamsa Ingeniería S.A. .	México
57	Ingeclean	Chile	129	WaterSys Soluciones y Servicios	México
58	Intertek Testing Service Chile S.A.	Chile	130	Zohen Comercializadora SA	México
59	Kellner Chile	Chile	131	Aqua Laser SAC	Perú
60	Lecaros y Cia.Ltda.	Chile	132	Compañía Minera Sol Sofia SAC	Perú
61	Manantial Chile	Chile	133	Dytech del Peru S.R.L. - Aquanova	Perú
62	MatAce Ingeniería Ambiental	Chile	134	EV Servicios Hidraulicos S.A.C.	Perú
63	Nicolaidés S. A.	Chile	135	Filtros y Osmosis S.A.C.	Perú
64	Oxiquim S.A.	Chile	136	Franz Polack Ingenieros SAC	Perú
65	Parker Hannifin Chile Ltda.	Chile	137	Rendihuza Servicios Generales EIRL	Perú
66	Prochem Ltda	Chile	138	Royal Chemical del Peru Sac	Perú
67	Proequipos Ltda.	Chile	139	Hes - hydrologic & Environment Solutions	Venezuela
68	Sidocar	Chile	140	Hidrosan	Venezuela
69	Tecpromin Ltda.	Chile	141	Industrias Tato C.A.	Venezuela
70	Vitroquímica S.A.	Chile	142	Quality Water International, S.A.	Venezuela
71	Water Management Consultant	Chile	143	Sinca C.A.	Venezuela
72	Waterlink S.A.	Chile	144	Trathal Química Industrial C.A.	Venezuela

Fuente: Induagua Ltda..

Anexo 3.2.: Precios de Carbones Activado Granulares Utilizados en Minería y en la Industria para el Tratamiento de Líquidos. (Precios FOB)

	Materia prima	Precio x kilo \$/Kg	Precio x Kilo US\$/Kg	Precio x tonelada US\$/Ton
Aquamarket (México)				
Carbon Activado (Malla 8x30)	Cáscara de coco	2.900	5,37	5.370
Carbon Activado Granular CA-700	Cáscara de coco	970	1,80	1.796
Ecocarbones (Ecuador)				
Eco K-90 6x20. Recup. de oro	Cáscara de coco	1.188	2,20	2.200
Malla 4 x 8. Tratamiento líquidos	Cáscara de coco	1.026	1,90	1.900
Global Waters (Mexico)				
Carbon Malla 8x30	Cáscara de coco	1.280	2,37	2.370
Carbon Activado Granular (0,55 a 75 mm)	Cáscara de coco	1.069	1,98	1.980
Petrochil (Chile)				
Malla 8x20	Cuescos de duraznos	2.500	4,63	4.630
Carbotecnia (México)				
CAG 8x30 y 12x40	Cáscara de coco	1.100	2,04	2.037
CAG impregnado plata metálica 0,1% 8x30 y 12x40	Cáscara de coco	3.000	5,56	5.556
Cotagro (Argentina)				
CAG 8x30 Uso en tratamiento de líquidos	Cáscara de Maní	999	1,85	1.850
Carbonapelsa (México)				
CCA 700	Cáscara de coco	1.107	2,05	2.050

Fuente: Elaboración Propia en base a cotizaciones

Los precios fluctúan entre los 1.900 y los 2.400 dólares por tonelada. Se observan algunos valores que superan los 4.500 dólares, estos precios se deben a que esos carbones poseen características especiales como impregnación con distintas cantidades de plata metálica (entre 0,1% y 1%) lo que lo hacen tener mayor eficacia en el tratamiento de aguas potables en la eliminación de bacterias.

Anexo 3.3.: Flujo de Materia Prima por cada Etapa del Proceso

100,00	Toneladas de cuesco por etapa de 7 días	Necesario para la etapa de Carbonización	
14,29	Toneladas de cuesco por día		
0,595	Toneladas de cuesco por horas		
Etapa de Carbonización (7 días)	Al finalizar esta etapa sale la siguiente cantidad de residuo sólido	31,5 Toneladas en 5 días 4,5 Toneladas por día 0,1875 Toneladas por hora	Material que pasa a la etapa de activación
Etapa de Activación (3 días)	Material que sale de esta etapa como Carbón Activado	29,93 Toneladas en 3 días 9,48 Toneladas por día 0,395 Toneladas por hora	Con lo cual se producirían 800 toneladas anuales
Total anual		808 Toneladas	

Fuente: Elaboración propia.

La planta trabajará las 24 horas del día. La cantidad necesaria para cumplir con 800 toneladas de carbón activado es de 2.700 toneladas de materia prima.

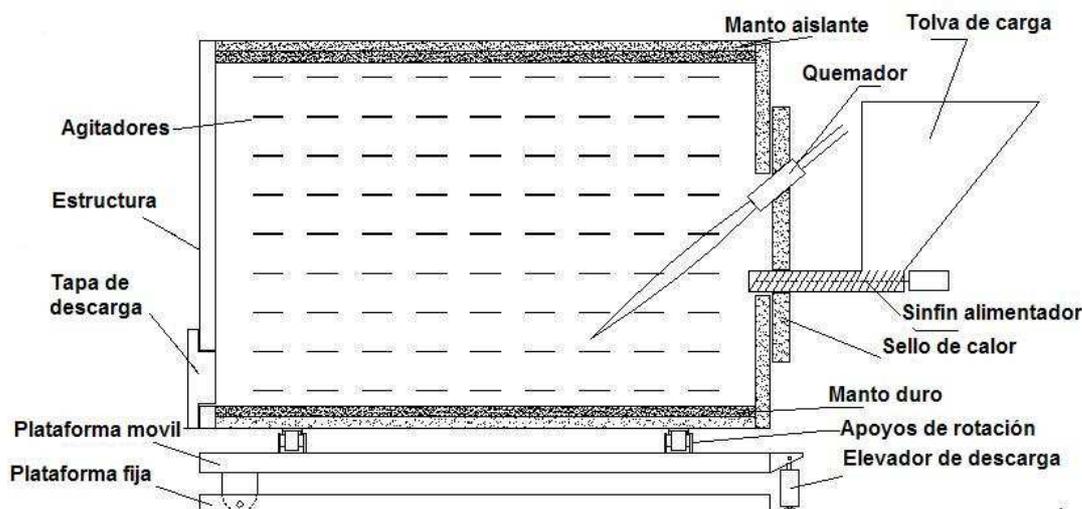
Anexo 3.4.: Dimensiones y Características de Equipos y Maquinarias.

Anexo 3.4.1.: Horno Rotatorio

- Dimensiones:
 - Diámetro Interior: 3,5 metros
 - Longitud Interior: 5 metros
- Cámara interior construida en ladrillo aislante en cara fría y concreto de alta resistencia mecánica en cara caliente. Se considera una junta de dilatación para absorber contracciones y dilataciones del concreto.
- Rotación mediante motorreductor y acople mecánico al manto rotatorio.
- Calentamiento mediante quemador a gas. (o alternativamente fuel oil)
- El proceso de calentamiento del material a procesar se llevará a cabo en 20 minutos y durante ese tiempo el cilindro del horno estará rotando a una velocidad determinada, comandada desde un variador de frecuencia. Simultáneamente el cilindro será inclinado verticalmente en dos sentidos para agitar el material, hasta que se cumpla el tiempo de residencia. La cámara interior dispondrá de paletas de acero refractario destinadas a producir un contacto pleno del producto con la fuente de calor. Una vez cumplido el proceso de exposición se inclinará el cilindro de tal modo que se produzca la descarga y se pueda iniciar un nuevo ciclo.
- El tablero de control contendrá todos los elementos de protección, control, comando y señalización. Variador de velocidad, PLC, controladores de temperatura, indicador de velocidad y tiempo.
- El horno dispondrá de una doble base de soporte para contener el sistema motorizado de rotación y el sistema hidráulico de inclinación.
- El horno posee una tolva de carga a través de la cual se ingresa el material al horno.

Las dimensiones y características fueron calculadas por Jorge Herrera según los datos entregados para determinar la mejor alternativa de horno rotatorio.

Esquema Horno Rotatorio



Dimensiones del horno:

Diámetro: 3,5 metros

Largo: 5 metros

Anexo 3.4.2.: Enfriador

La ecuación con la que se obtiene las dimensiones de los hornos, enfriadores y secadores rotatorios es la siguiente⁵⁴:

$$L = \frac{N * D * S * \theta}{0.19}$$

Donde:

N = Revoluciones por minuto (rpm)

D = Diámetro interior del reactor (pies)

S = Inclinación del reactor (pies)

θ = Tiempo de residencia de los sólidos (min.)

L = Longitud del reactor (pies).

El tiempo de residencia promedio del material en el enfriador es de 20 minutos⁵⁵ ($\theta = 20$ min.)

Los valores de N y S recomendados son:

N = 1,0 rpm

S = 1/24 pies/pies

Dado que se tienen 2 incógnitas se escogerá un diámetro de 1 metro, es decir D=1 m.

Con la fórmula expresada anteriormente se puede obtener la longitud del reactor:

$$L = \frac{1.0rpm * 3,28pies * 2 / 48pies / pies * 20 min}{0,19} = 14,4pies = 4,38 metros$$

El volumen del enfriador es:

$$V = \frac{(\pi * D^2 * L)}{4} = 3,44m^3$$

Además, la fórmula para calcular la retención de sólidos en el enfriador está dada por:

$$w = \theta * F$$

⁵⁴ John H. Perry. Chemical Engineers.

⁵⁵ Álvarez M., Ximena. Obtención de Carbón Activado a partir de Cuescos de Frutas.

Donde F es el flujo de alimentación de materia prima al enfriador (en kg/hr) y w es la carga de material a tratar. Reemplazando se obtiene que:

$$w = 20 \text{ min} * 187 \text{ kg} / \text{hr} = 0,3333 \text{ hr} * 187 \text{ kg} / \text{hr} = 62,27 \text{ kg}$$

De acuerdo a lo investigado, la densidad aparente de los cuescos de duraznos es de $d=1,15 \text{ gr/cm}^3$ y su porosidad en reposo es $e = 0,6$, entonces el volumen ocupado por el sólido es:

$$V = \frac{w}{(d * (1 - e))} = \frac{62,27}{1.150 * 0,4} = 0,3 \text{ m}^3$$

De acuerdo a la bibliografía los equipos rotatorios normalmente son operados entre un 3% y un 12% de su volumen lleno con material sólido. En este caso el volumen corresponde a aproximadamente un 8,7%.

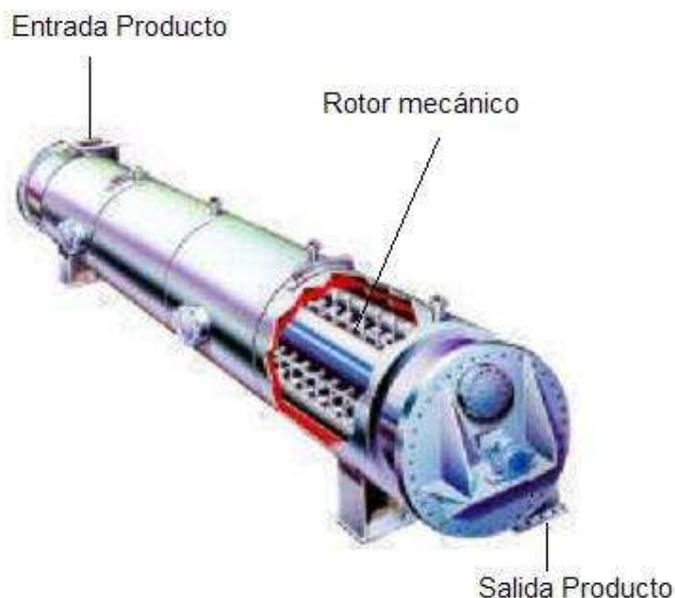
Luego, considerando que el enfriador debe tener un volumen de 3,44 m³ y consultando el catálogo de Bepex el horno adecuado para este proceso corresponde al enfriador/secador modelo Solidaire SJ30-20, cuyo volumen es de 3,5 m³ y sus dimensiones son:

Diámetro = 0,76 metros

Largo = 7,9 metros

Siendo el enfriador más aproximado según los cálculos realizados.

Esquema Enfriador



Fuente: Bepex

Anexo 3.4.3.: Tolva dosificadora

El volumen ocupado por el material se puede obtener de la siguiente forma:

$$V = \frac{F * \Delta t}{d * (1 - e)}$$

Los datos son los siguientes:

Ciclo de operación: $\Delta t = 4$ horas = 240 minutos

Flujo del material que se procesará: $F = 595$ kg./hr.

Densidad aparente de los cuescos de duraznos: $d = 1,15$ gr/cm³ = 1150 kg/m³

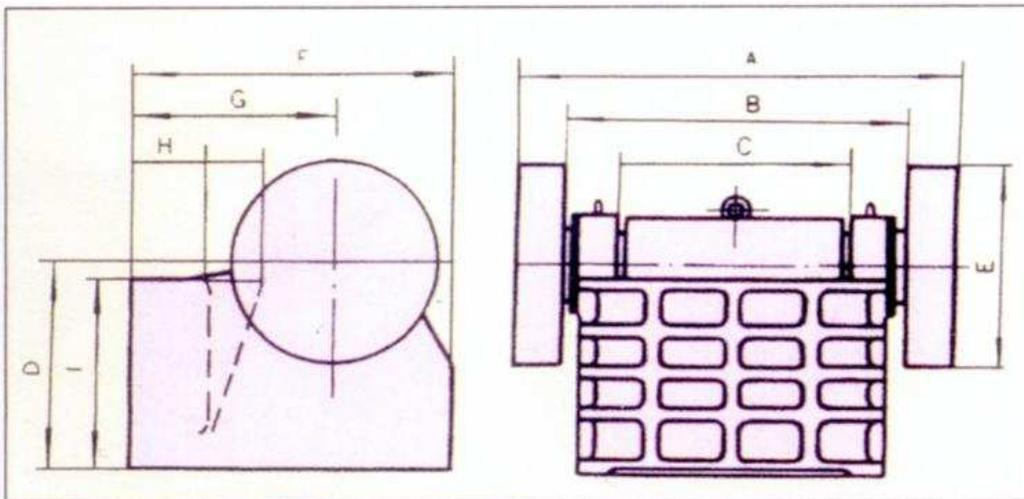
Porosidad: $e = 0,6$

Entonces, el volumen ocupado por el material durante un turno es:

$$V = \frac{595 \text{ kg / hr} * 4 \text{ hrs}}{1.150 \text{ kg / m}^3 * 0,4} = 5,2 \text{ m}^3$$

Por lo tanto se requiere de una tolva cuyo volumen mínimo sea de 5,2 m³.

Anexo 3.4.4.: Chancador de mandíbula (primario)



Fuente: Catálogo entregado por IMATESA

Dimensiones (mm.)

A	1660	F	7850
B	1400	G	410
C	620	H	155
D	390	I	345
E	410		

Fuente: Catálogo entregado por IMATESA

Anexo 3.4.5.: Cintas transportadoras

Se detallan las características técnicas de las cintas transportadoras cotizadas:

1.- La cinta utilizada para transportar los cuescos desde el camión a la tolva dosificadora será una cinta especial de un ancho de 16", con tacos en su cubierta, a una altura de 50mm. aprox., separados entre si en 0,40 mt. Tendrá una mesa de acumulación en su base, para alimentar la cinta vaciando los camiones. Lleva zapata de apoyo al piso pivoteada. Pilares metálicos apernables, para llegar a la altura vertical de 4 metros entre la mesa de acumulación y la boca de la tolva. Será una cinta de 8m de longitud, para 32° de inclinación, con moto-reductor en 1,5 HP – 380 volt., más botonera eléctrica de operación.

2.- Cinta de largo 3 mts. entre centros, ancho de cinta útil 16" (vulcanizada sin uniones mecánicas), moto-reductor de 1.5 HP – 380 volt., más botonera eléctrica de operación. Incluye tolvín de carga en su base, pilares metálicos de soportes apernables para 10° de inclinación o más, zapata de apoyo al piso pivoteada, estaciones de carga dispuestas en "V" con 20° de inclinación. Esta cinta será utilizada para transportar material entre chancador secundario y harnero

3.- Cinta de largo 4 mts, ancho de cinta útil 16", moto-reductor de 1.5 HP – 380 volt., más botonera eléctrica de operación. Incluye tolvín de carga en su base, pilares metálicos de soportes apernables para 10° de inclinación o más, zapata de apoyo al piso pivoteada, estaciones de carga dispuestas en "V" con 20° de inclinación. Esta cinta será utilizada para transportar material desde el chancador primario a bodega.

4.- Cinta de largo 2 mts. entre centros, ancho de cinta útil 16", moto-reductor de 1.5 HP – 380 volt., más botonera eléctrica de operación. Incluye tolvín de carga en su base, pilares metálicos de soportes apernables para 10° de inclinación o más, zapata de apoyo al piso pivoteada, estaciones de carga dispuestas en "V" con 20° de inclinación. Esta cinta será utilizada para transportar material al chancador primario

5.- La cinta utilizada para transportar el material desde el enfriador al silo de almacenamiento será una cinta especial de 6 metros de longitud un ancho de 16", con tacos en su cubierta separados entre si en 0.40 mt. Tendrá una mini tolva en su base, para alimentar la cinta desde el enfriador. Lleva zapata de apoyo al piso pivoteada. Pilares metálicos apernables, con moto-reductor de 1,5 HP – 380 volt., más botonera eléctrica de operación.

Anexo 3.4.6.: Caldera de vapor de agua

CALDERA MODELO HDR-80

Cuerpo de presión

La caldera igneotubular de llama de retorno es fabricada en nuestros talleres para producir vapor saturado. Tiene 3 pasos de gases, cilíndrica horizontal, hogar interior y tubos de humo.

Manto

El manto o envolvente se fabrica en planchas de aceros certificados, calidad ASTM 515 o 516-Gr70, las cuales son soldadas entre sí con arco sumergido con calidad radiográfica. Las partes estructurales se fabrican en planchas de acero calidad A 37-24 ES.

Tubos

Los tubos de humo, son de acero al carbono sin costura, fabricados según norma DIN 17175 ST 35,8 o similar. Estos se fijan a las placas tubulares por expandido y posterior soldado manual.

Placas delantera y trasera

Las placas circulares y planas van soldadas al manto y al fogón de la caldera y son construidas en planchas certificadas calidad ASTM 515 Gr 70.

Aislamiento y revestimiento

La caldera es aislada con lana mineral de 50 mm. de espesor, densidad 80 kg/m³.. Exteriormente el equipo es revestido con una chapa de acero inoxidable de 0.6 mm. de espesor.

Las cajas de humo son de color gris, con dos manos de pintura resistente al calor.

Tapas de Registro

La caldera tiene una tapa de registro mano normalizada de 4" x 6".

Acceso a banco de tubos

La puerta delantera está fabricada en plancha de acero recubierta interiormente por una capa de vermiculita y una capa de refractario de alta alúmina soportada con anclajes de acero inoxidable. La puerta trasera es aislada interiormente, ambas puertas permiten el acceso al fogón y tubos de humo.

Especificaciones técnicas

Caldera	:	YGNIS
Modelo	:	HDR 80
Tipo	:	Ignetubular de 3 pasos
Capacidad máxima	:	600
Presión de trabajo	:	5 Bar
Presión de diseño	:	7,7 Bar
Presión prueba hidráulica	:	11,5 Bar
Combustible	:	Petróleo diesel
Eficiencia (Base P.C.S.)	:	83%

Dimensiones principales

Superficie de calefacción total apróx.	:	13,51 m2
Diámetro Ext. del manto sin aislación	:	1.120 mm
Diámetro Ext. fogón, aproximado	:	550 mm
Tipo de fogón	:	Liso
Diámetro tubos de humo DIN 17175	:	63,5mm
Espesor pared de tubos	:	3.2 mm
Cantidad de tubos	:	46
Largo total aproximado (sin quemador)	:	2.198 mm
Ancho total aproximado	:	1.895 mm
Altura total aproximada	:	1.755 mm
Peso para transporte aproximado	:	2.050 Kg.
Peso en operación	:	2.850 Kg

Accesorios

Válvulas

Nº	CAN T	UBICACIÓN	TIPO	MARCA	DIAM	RATIN G	UNIO N
1	1	MATRIZ VAPOR	GLOBO	Walworth	1 ½"	# 150	ROSC .
2	1	ALIM. DE AGUA	GLOBO	Walworth	1"	# 150	ROSC .
3	1	ALIM. DE AGUA	RETENCION	Walworth	1"	# 150	ROSC .
4	1	PURGA DE FONDO	CONO LUBRICADO	Walworth	1"	# 150	ROSC .
5	1	PURGA DE FONDO	COMPUERT A	Walworth	1"	# 150	ROSC .
6	1	VALVULA DE	RESORTE	Kunkle	DN 40	# 150	ROSC .

		SEGURIDA D GSV 902					
7	1	DRENAJE DE NIVEL	BOLA	Walworth	½"	# 150	ROSC
8	1	PRUEBA DE NIVEL	BOLA	Walworth	½"	# 150	ROSC

Instrumentos

N°	CAN T	INSTRUMENTO	MARCA	MODELO	RANGO
1	1	MANOMETRO DE VAPOR	WEKSLER	DIAM ESFERA 4"	0-250 PSI
2	1	PRESOSTATO DE VAPOR	DANFOSS	RT 107	10-150PSI
3	1	NIVEL VISUAL	CONBRACO	351	
4	1	CONTROL NIVEL	MC DONNELL	MOD 150	
5	1	TERMOMETRO CHIMENEA	WEKSLER	ESFERA 5"	50-500 °C

Normas y ensayos

El diseño y fabricación del generador de vapor se realiza de acuerdo a la norma BS 2790.

Las soldaduras son radiografiadas en los cruces tanto en el manto como en el fogón, por un organismo externo calificado.

Las soldaduras se inspeccionan mediante ultrasonido en el 100% de los cordones longitudinales y el 25% del desarrollo de los cordones circunferenciales en el manto y fogón.

El cuerpo de presión de la caldera es sometido a una prueba hidráulica de 1.5 veces la presión de diseño.

Sistema de combustión

Sistema de combustión marca Nu-Way modelos:

NOL 20 de una capacidad de 430.000 kcal/h para caldera Petróleo Diesel 600 Kg/Hr

y un sistema de control de combustión para funcionamiento de dos etapas.

Condiciones de diseño

Número de calderas.....	1
Cantidad de quemadores por caldera.....	1
Marca de la caldera.....	Babcock
Fabricante caldera	Calderas Chile
Tipo de caldera.....	Un fogón
Dimensiones del Hogar: Diámetro (mm)	550
Largo (mm).....	1.000
Capacidad máxima de vapor (Kg/Hr.).....	600
Eficiencia.%.....	83 %
Presión de vapor (Psi)	70
Presión de hogar (mm.c.a.)	50
Elevación (m.s.n.m).....	100
Maxima altura de chimenea (m)	6
Caract. eléctricas ventilador (v/hz/ph).....	380 V / 3F / 50 Hz
Caract. eléctricas panel de control (v/hz/ph)	200 V / 1 F / 50 Hz
Potencia ventilador de tiro forzado (Hp)	2 HP
Potencia calefactor quemador (KW)	NO

Operación del Quemador

Capacidad (kcal/h).....	430.000
Combustible(s).....	Petróleo Diesel
Ignición.....	Electrodos
Exceso de aire de combustión	25 %
Rango de modulación.....	H/L
Sistema de atomización	Presión
Presión de petróleo entrada del quemador (Bar).....	Posit. (max 1,5 bar)
Poder calorífico del petróleo diesel	10500
Temperatura de entrada de petróleo	15 °C
Presión de salida bomba de petróleo quemador (Bar)	N.A.

Descripción del Equipo

Cantidad.

Descripción

- | | |
|---|--|
| 1 | Arreglo caja de aire/ventilador incluyendo baffles perforados o guías de flujo para una distribución uniforme del aire. También se incluye un ventilador de aire tipo centrífugo con rodete aerodinámico para evitar sobrecargas. Es directamente acoplado con un motor totalmente cerrado, con ventilador de enfriamiento a 3.000 revoluciones. |
| 1 | Damper de control de aire bridado a la entrada del ventilador. El damper es de dos posiciones operado por el sistema de control de combustión. |
| 1 | Registro completo Nu-Way con difusor de aire primario. Estos componentes están unidos a la tapa frontal la cual es removible. |

Esta tapa frontal tiene los puertos de observación y de detección de llama.

- 1 Garganta de refractario para el quemador, adecuada para un servicio de 1500 °C, el colado se hace directamente en la caja de humo delantera de la caldera.
- 1 Electrodo para ignición con transformador para elevación de tensión. El diseño del montaje permite fácil acceso para reemplazo y limpieza, sin necesidad de desmontar el cabezal del quemador.
- 1 Lanza para gas natural con boquillas de atomización y válvulas de corte tipo solenoides.
- 1 Sistema de protección del quemador, incluye un gabinete de control en el cual tienen en su interior el sistema de seguridad y encendido de llama Landis&Gyr y el sistema de cambio de llama. También en este gabinete se encuentran los partidores para el ventilador de tiro forzado y bombas de alimentación de agua (2).

Sistema de alimentación de agua

El sistema de alimentación de agua a la caldera está formado por dos bombas de agua marca CALPEDA, una en operación y la otra stand-by. Las características de la bomba de agua son las siguientes:

Caudal	:	0,9 m3/Hr
Presión de descarga	:	90 m.c.a.
Marca	:	Calpeda
Modelo	:	CP 100
Potencia	:	3 HP
Alimentación eléctrica	:	380 V / 3F /50 Hz
Temperatura de operación max.	:	90°C
Protección motor	:	IP 54 TEFC
Diam. Succ/desc.	:	DN 25 X DN 25

ANEXO 4: Estudio Legal

Anexo 4.1.: Consideraciones Evaluación de Impacto Ambiental

TITULO II DE LA GENERACIÓN O PRESENCIA DE EFECTOS, CARACTERÍSTICAS O CIRCUNSTANCIAS QUE DEFINEN LA PERTINENCIA DE PRESENTAR UN ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Artículo 5.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de los efluentes, emisiones o residuos que genera o produce. A objeto de evaluar si se genera o presenta el riesgo a que se refiere el inciso anterior, se considerará:

- a) lo establecido en las normas primarias de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, se utilizarán como referencia las vigentes en los Estados que se señalan en el artículo 7 del presente Reglamento;
- b) la composición, peligrosidad, cantidad y concentración de los efluentes líquidos y de las emisiones a la atmósfera;
- c) la frecuencia, duración y lugar de las descargas de efluentes líquidos y de emisiones a la atmósfera;
- d) la composición, peligrosidad y cantidad de residuos sólidos;
- e) la frecuencia, duración y lugar del manejo de residuos sólidos;
- f) la diferencia entre los niveles estimados de inmisión de ruido con proyecto o actividad y el nivel de ruido de fondo representativo y característico del entorno donde exista población humana permanente;
- g) las formas de energía, radiación o vibraciones generadas por el proyecto o actividad; y
- h) los efectos de la combinación y/o interacción conocida de los contaminantes emitidos o generados por el proyecto o actividad.

Artículo 6.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.

Artículo 8.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera reasentamiento de comunidades humanas o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.

Artículo 9.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad se localiza próximo a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar.

Artículo 11.- El titular deberá presentar un Estudio de Impacto Ambiental si su proyecto o actividad genera o presenta alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural.

Título III

Párrafo 2°

De las Declaraciones de Impacto Ambiental

Artículo 14.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán presentarse bajo la forma de una declaración jurada, en la cual se expresará que se cumple con la legislación ambiental vigente, acompañando todos los antecedentes que permitan al órgano competente evaluar si su impacto ambiental se ajusta a las normas ambientales vigentes.

Artículo 15.- Las Declaraciones de Impacto Ambiental deberán contener, a lo menos, lo siguiente:

a) La indicación del tipo de proyecto o actividad de que se trata, indicando su nombre; la identificación del titular y su sociedad matriz, si la hubiere; su objetivo; su localización según coordenadas geográficas y según división político-administrativa a nivel regional, provincial y comunal; el monto estimado de la inversión; la superficie que comprenderá y la justificación de su localización.

b) La descripción del proyecto o actividad que se pretende realizar o de las modificaciones que se le introducirán, definiendo las partes, acciones y obras físicas que lo componen; su vida útil; el plazo estimado de inicio de la ejecución o modificación del proyecto o actividad; y la descripción cronológica de sus distintas fases.

c) La indicación de los antecedentes necesarios para determinar si el impacto ambiental que generará o presentará el proyecto o actividad se ajusta a las normas ambientales vigentes, y que éste no requiere de la presentación de un Estudio de Impacto Ambiental, de acuerdo a lo dispuesto en la Ley y en el presente Reglamento.

d) La descripción del contenido de aquellos compromisos ambientales voluntarios, no exigidos por la legislación vigente, que el titular del proyecto o actividad contemple realizar.

Artículo 16.- La Declaración de Impacto Ambiental que presente el titular del proyecto o actividad, deberá acompañarse de la documentación y los antecedentes necesarios para acreditar el cumplimiento de la normativa de carácter ambiental y de los requisitos y contenidos de los permisos ambientales sectoriales contemplados en los artículos del Título VII de este Reglamento. Dicha Declaración deberá acompañarse de una reproducción en medios magnéticos o electrónicos, a excepción de aquellos documentos o piezas que por su naturaleza u origen no sea posible presentarlos en dichos medios. Tratándose de una modificación a un proyecto o actividad en ejecución, los antecedentes presentados que se señalan en las letras del artículo anterior, deberán considerar la situación del proyecto o actividad, y su medio ambiente, previa a su modificación.

Anexo 4.2.: Código Sanitario

CODIGO SANITARIO DECRETO CON FUERZA DE LEY No. 725

LIBRO TERCERO DE LA HIGIENE Y SEGURIDAD DEL AMBIENTE Y DE LOS LUGARES DE TRABAJO

Título I NORMAS GENERALES

Art. 67. Corresponde al Servicio Nacional de Salud velar porque se eliminen o controlen todos los factores, elementos o agentes del medio ambiente que afecten la salud, la seguridad y el bienestar de los habitantes en conformidad a las disposiciones del presente Código y sus reglamentos.

Art. 73. Prohíbese descargar las aguas servidas y los residuos industriales o mineros en ríos o lagunas, o en cualquier otra fuente o masa de agua que sirva para proporcionar agua potable a alguna población, para riego o para balneario, sin que antes se proceda a su depuración en la forma que se señale en los reglamentos.

Párrafo III

De los desperdicios y basuras

Art. 78. El reglamento fijará las condiciones de saneamiento y seguridad relativas a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios.

Art. 79. Para proceder a la construcción, reparación, modificación y ampliación de cualquier planta de tratamiento de basuras y desperdicios de cualquier clase, será necesaria la aprobación previa del proyecto por el Servicio Nacional de Salud.

Art. 80. Corresponde al Servicio Nacional de Salud autorizar la instalación y vigilar el funcionamiento de todo lugar destinado a la acumulación, selección, industrialización, comercio o disposición final de basuras y desperdicios de cualquier clase.

Al otorgar esta autorización, el Servicio Nacional de Salud determinará las condiciones sanitarias y de seguridad que deben cumplirse para evitar molestia o peligro para la salud de la comunidad o del personal que trabaje en estas faenas.

Art. 81. Los vehículos y sistemas de transporte de materiales que, a juicio del Servicio Nacional de Salud, puedan significar un peligro o molestia a la población y los de transporte de basuras y desperdicios de cualquier naturaleza, deberán reunir los requisitos que señale dicho Servicio, el que, además, ejercerá vigilancia sanitaria sobre ellos.

Título IV DE OTROS FACTORES DE RIESGOS

De la contaminación del aire y de los ruidos y vibraciones

Art. 89. El reglamento comprenderá normas como las que se refieren a:

a) la conservación y pureza del aire y evitar en él la presencia de materias u olores que constituyan una amenaza para la salud, seguridad o bienestar del hombre o que tengan influencia desfavorable sobre el uso y goce de los bienes. La reglamentación determinará, además, los casos y condiciones en que podrá ser prohibida o controlada la emisión a la atmósfera de dichas sustancias;

b) la protección de la salud, seguridad y bienestar de los ocupantes de edificios o locales de cualquier naturaleza, del vecindario y de la población en general, así como la de los animales domésticos y de los bienes, contra los perjuicios, peligros e inconvenientes de carácter mental o material que provengan de la producción de ruidos, vibraciones o trepidaciones molestos, cualquiera que sea su origen.

Anexo 4.3.: Pertinencia de Presentar un Estudio de Impacto Ambiental o una Declaración de Impacto Ambiental

El artículo 11 de la Ley 19.300 sobre Bases del Medio Ambiente indica que los proyectos o actividades enumerados en el artículo 10 de esta Ley requerirán la elaboración de un Estudio de Impacto Ambiental (E.I.A.), si generan o presentan a lo menos uno de los siguientes efectos, características o circunstancias:

- Riesgo para la salud de la población, debido a la cantidad y calidad de efluentes, emisiones o residuos.
- Efectos adversos significativos sobre la cantidad y calidad de los recursos naturales renovables, incluidos el suelo, agua y aire.
- Reasentamiento de comunidades humanas, o alteración significativa de los sistemas de vida y costumbres de grupos humanos.
- Localización próxima a población, recursos y áreas protegidas susceptibles de ser afectados, así como el valor ambiental del territorio en que se pretende emplazar
- Alteración significativa, en términos de magnitud o duración, del valor paisajístico o turístico de una zona
- Alteración de monumentos, sitios con valor antropológico, arqueológico, histórico y, en general, los pertenecientes al patrimonio cultural

Para los efectos de evaluar el riesgo indicado en la letra a) y los efectos adversos señalados en la letra b), señala la Ley, se considerará lo establecido en las normas de calidad ambiental y de emisión vigentes. A falta de tales normas, acota el Reglamento, se utilizarán como referencia las de la Confederación Suiza.

El Título II del D.S. N°30 de 1997 del Min. Sec. Gral. de la Presidencia, que corresponde al Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (S.E.I.A.), precisa y acota sobre la generación o presencia de efectos, características o circunstancias que definen la pertinencia de presentar un E.I.A.

El Artículo 4 del Reglamento señala que el titular de un proyecto o actividad de los comprendidos en el artículo 3 del Reglamento o aquel que se acoja voluntariamente al S.E.I.A., deberá presentar una Declaración de Impacto Ambiental (D.I.A.), salvo que dicho proyecto o actividad genere o presente alguno de los efectos, características o circunstancias contemplados en el artículo 11 de la Ley y en los artículos 5 al 11 del Reglamento, en cuyo caso deberá presentar un E.I.A.

Aquellos proyectos o actividades no comprendidos en el artículo 3 de este Reglamento, y que sus titulares hayan decidido acogerse voluntariamente al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, quedarán sujetos a lo dispuesto en este Título, a objeto de definir la pertinencia de presentar un Estudio o una Declaración.

ANEXO 5: Evaluación Económica

Anexo 5.1.: Cotizaciones Equipos

- **Horno Rotatorio**

	Jorge Herrera Druvi. Rut: 6.002.097- 3. Teléfono- fax: (2) 861 1167. Celular: 8 6697857. Los Álamos 685. San José de Maipo. Santiago. jherrera@hornosindustriales.cl www.hornosindustriales.cl Diseño, fabricación y reparación de hornos y equipos electrónicos industriales.
---	--

COTIZACIÓN 976 / 07

Fecha: Miércoles, 09 de Mayo de 2007

Proyecto: Horno rotatorio para carbón activado.

Cliente: Sr. Francisco Soto Paredes

Estimado Cliente:

A continuación presento a usted mi propuesta técnica y comercial respecto de su solicitud de un horno rotatorio.

1. Dimensiones aproximadas:
 - a. Diámetro interior: 3,5 m.
 - b. Longitud interior: 5 m.
2. Cámara interior construida en ladrillo aislante en cara fría y concreto de alta resistencia mecánica en cara caliente. Se considera una junta de dilatación para absorber contracciones y dilataciones del concreto.
3. Rotación mediante motorreductor y acople mecánico al manto rotatorio.
4. Calentamiento mediante quemador a gas.
5. El proceso de calentamiento del material a procesar se llevará a cabo en 20 minutos y durante ese tiempo el cilindro del horno estará rotando a una velocidad determinada, comandada desde un variador de frecuencia. Simultáneamente el cilindro será inclinado verticalmente en dos sentidos para agitar el material, hasta que se cumpla el tiempo de residencia. La cámara interior dispondrá de paletas de acero refractario destinadas a producir un contacto pleno del producto con la fuente de calor. Una vez cumplido el proceso de exposición se inclinará el cilindro de tal modo que se produzca la descarga y se pueda iniciar un nuevo ciclo.
6. El tablero de control contendrá:

- Toda la información de respaldo al cliente para el desarrollo del proyecto: lay out, calibre de acometidas de gas y eléctricas, y las que solicite.
- Entrega de archivador con el manual de uso, planos generales, manual de mantenimiento, listado de partes y sus proveedores.

15. Exclusiones:

Se considera como parte de los suministros de responsabilidad del cliente:

- El traslado del horno y accesorios hasta las instalaciones del cliente.
- El traslado y estadía del personal dispuesto para el montaje e instalación del horno en las dependencias del cliente.
- Los suministros y acometidas eléctricas, de gas y otras necesarias para la puesta en marcha y funcionamiento del horno.
- Obras civiles apropiadas para el montaje e instalación del horno y sus accesorios.

Suscribe y se responsabiliza de esta presentación:

p. Hornos Industriales

Ing. Jorge Daniel Herrera Druvi

- **Cotización Caldera de Vapor**



Calderas Chile Ltda.

Las Violetas 5921 Cerrillos
Santiago, Chile
Fono: (56-2) 9424767

Fax: (56-2) 9424752
Email:
calderaschile@terra.cl

SANTIAGO, 19 de junio de 2007

**SRES.
FRANCISCO SOTO P.
PRESENTE**

At. Sr: Francisco Soto P.

**REF. : a) Cotización caldera de vapor 600 Kg/Hr
PT107023.001**

Estimado Sr. Soto:

De acuerdo a lo solicitado adjunto oferta por el suministro de una caldera HDR 80 para 600 Kg/Hr de vapor saturado a 5 Bar (70 psi). Con quemador para petróleo diesel se presupuestan también equipos anexos a la caldera en caso de ser requeridos.

Sin otro particular y esperando una favorable acogida saluda atentamente a Ud.

CALDERAS CHILE LTDA.

LUIS NAVARRETE PRIETO



Calderas Chile Ltda.
calderaschile@terra.cl

Las Violetas 5921 Cerrillos
Santiago, Chile

Fono: (56-2) 9424767
Fax: (56-2) 9424752
Email

OFERTA COMERCIAL

PRECIOS

Ítem	Descripción	Unid.	Cant	Precio Total (\$)
1	Caldera HDR 80 para 600 Kg/Hr con quemador modelo NOL 20 para Petróleo diesel	C/U	1	7.340.000.-
2	Sistema de alimentación de agua compuesto por dos bombas marca Calpeda, válvulas de succión y descarga	Conj.	1	640.000.-
3	Estanque de condensado	C/U	1	548.000.-
4	Estanque de purgas de 100 Lts.	C/U	1	153.000.-
5	Equipo ablandador simple de operación manual	C/U	1	530.000.-
6	Traslado montaje y puesta en marcha (Dentro de región metropolitana)	C/U	1	1.890.000.-

Valores indicados son netos

FORMA DE PAGO

A Convenir

PLAZOS DE ENTREGA

Plazo de entrega de fábrica : 45 días

VALIDEZ DE LA OFERTA

30 días.

- **Cotización Enfriador**

Oferta Comercial:

Modelo	Dimensiones Nominales (pulgadas)			Diámetro <i>pulgadas</i>	Rango RPM		Potencia <i>HP</i>	Volumen <i>m2</i>	Peso <i>Libras</i>
	Largo	Ancho	Alto		<i>Min</i>	<i>Max.</i>			
SJ 30-20	48	46	30	30	144	360	25	3,5	9800

Precio Referencial Neto: \$33.000.000

Fuente: Bepex.

- **Cotizaciones Chancadores, Harnero y Lavador de gases.**

Las cotizaciones de los chancadores y harneros fueron realizadas en base a catálogos facilitados por IMATESA y Maquimin Ltda., escogiendo los modelos adecuados para el proyecto y recibiendo los valores netos a través de correo electrónico. La cotización del Lavador de Gases fue realizada en SubSole Servicios Ltda., visitando la empresa y a través de conversaciones telefónicas, recibiendo un valor referencial de acuerdo al flujo de gases producto del proceso. Los valores y fuentes de información se detallan en el siguiente cuadro resumen:

	Precio de lista	Fuente
Chancador de Mandibula	\$7.500.000	IMATESA
Chancador de Martillo	US\$ 6.850	MAQUIMIN LTDA.
Harnero Vibratorio	US\$ 12.500	MAQUIMIN LTDA.
Lavador de Gases	\$12.000.000	SubSole Servicios

Fuente: Cotizaciones por correo electrónico, visitas a empresas y/o telefónicas

Los valores no incluyen IVA.

- **Cotizaciones Cintas Transportadoras**



CINTAS TRANSPORTADORAS LIMITADA.

Santiago, 16 Abril de 2007

Señor
FRANCISCO SOTO PAREDES
Francisco.sp@gmail.com
Santiago

-Cotización N°074

Ref. Proyecto Carbón Activado

Debe ser una cinta especial de un ancho de 16", con tacos en su Cubierta, a una altura de 50mm. aprox., separados entre si en 0.40 Mt. Tendrá una mini tolva (mesa de acumulación) en su base, para alimentar la cinta vaciando los sacos o de otra cinta transportadora. Lleva zapata de apoyo al piso pivoteada. Pilares metálicos apernables, para llegar a 4 m de altura solicitada. Debemos considerar un Equipo de 8m de longitud, para 32° de inclinación. Con Moto-Reductor en 1,5 HP – 380 volt., más Botonera eléctrica de Operación.

Valor total es de \$2.592.000.- más iva.

- Tiempo de fabricación, 3 a 4 semanas.
- Equipo puesto en nuestra Empresa.

Atte.,

CINTAS TRANSPORTADORAS LTDA.
INGENIERIA

CO/ar
AVDA. 5 DE ABRIL 3956 – TELEFONO 7795026 –7792220 – SANTIAGO – CHILE
EMAIL: CINASTRANSPORTADORAS@TIE.CL – RUT: 88.468.300-9
WEB:www.cintastranportadoras.cl



CINTAS TRANSPORTADORAS LIMITADA.

Santiago, 02 Mayo de 2007

Señores
FRANCISCO SOTO PAREDES
Francisco.sp@gmail.com
Santiago

-Cotización N°085-07

Muy señores nuestros:

PRESUPUESTO

01. Equipo Transportador para transportar material sólido
De CHANCADOR A HARNERO.

Medidas Grl

- Largo solicitado: 4Mts. entre centros
- Ancho de cinta útil 16" (vulcanizada sin uniones mecánicas)
- Moto-Reductor de 1.5 HP – 380 volt., más Botonera eléctrica de operación.

Incluye

- Tolvín de carga en su base
- Pilares metálicos de soportación apernables, para 10° de inclinación o más.
- Zapata de apoyo al piso pivoteada.
- Estaciones de carga dispuestas en "V" con 20° de inclinación.

Valor Total \$2.187.000.-

- Neto más iva.
- Tiempo de fabricación, 3 a 4 semanas.
- Equipo puesto en nuestra Empresa.

Atte.,

CINTAS TRANSPORTADORAS LTDA.
INGENIERIA

CC/ar

AVDA. 5 DE ABRIL 3956 – TELEFONO 7795026 –7792220 – SANTIAGO – CHILE

EMAIL: CINASTRANSPORTADORAS@TIE.CL – RUT: 88.468.300-9

WEB:www.cintastranportadoras.cl

• Cotizaciones Obras Civiles e Instalaciones eléctricas



JOVIYAN LTDA
77.210.040-K

JOSE VILLAR E HIJOS LTDA
CONTRATISTA - SUBCONTRATISTA PRESUPUESTO N°2192
CONSTRUCCION, MANTENCION MECANICA
ALTO ARRAYAN N°1097 PUENTE ALTO
FONO-FAX: 759 38 71
e-mail: joviyan52@yahoo.com

Cliente:
Sr.: Francisco Soto Paredes
Fecha: 06/06/07

1 Presupuesto:

Item	DESCRIPCION	Dimension (m2)	V.Unit. (\$)	TOTAL (\$)
A	SALA DE REUNIONES	15	80.000	1.200.000
B	OFICINA GERENCIA	9	80.000	720.000
C	BAÑO GERENTE	4	90.000	360.000
D	OFICINA CONTADOR, JEFE PLANTA, ENCARGADO VENTAS	15	70.000	1.050.000
E	BAÑO OFICINA COMUNITARIA - RECEPCION	4	70.000	280.000
F	RECEPCION	6	100.000	600.000
G	BAÑO LABORATORIO	8	90.000	720.000
H	LABORATORIO	35	100.000	3.500.000
I	COMEDOR (Incluye Cocina)	35	110.000	3.850.000
J	BAÑOS Y VESTIDORES	12	90.000	1.080.000
K	BODEGA PRODUCTO FINAL Y PAVIMENTACIONES	400	90.000	36.000.000
L	ESTACIONAMIENTOS	180	90.000	16.200.000
M	ALMACENAMIENTO MATERIAS PRIMAS	1175	90.000	105.750.000
N	GALPON	2000	100.000	200.000.000
Total Neto:				371.310.000
19% Iva				70.548.900
Total (\$)				441.858.900
Total (US\$)				818.257

NOTA: En estos valores esta incluido mano de obra y materiales.

Atte.

JOVIYAN LTDA.

Dependencia	Alumbrado	Enchufes	Tablero	Alumbrado	Enchufe	TDA	L. Circuito
Laboratorio	6	3	1	129.000	36.000	80.000	32000
Comedor (incluye área de cocina)	6	5	1	129.000	60.000	80.000	32000
Baños y vestidores operarios	2	1	1	43.000	12.000	80.000	32000
Bodega Producto final	10	0	1	215.000		80.000	32000
Sector Maquinarias	100	0	1	2.150.000		420.000	96000
Estacionamientos	9	0	0	193.500			
Pavimentaciones							
Almacenamiento Materia prima	60	0	1	1.290.000		420.000	64000
	206	21	7	4.149.500	108.000	1.160.000	288.000

*** Ppto. incluye los artefactos (equipos fluorescentes, etc.)

SUB-TOTAL	5.705.500
LINEAS GRLES.	700.000
** Telefonía	200.000
TOTAL NETO	6.605.500
TOTAL	7.860.545

• Cotización Terreno Industrial

Superficie (m2)	Precio (UF/m2)	Total (UF)	Total (US\$)	Ubicación	Características
5.000	2,0	10.000	342.593	San Bernardo	Terreno industrial semipavimentado, cercano a ruta 5
5.000	1,7	8.500	291.204	Paradero 47 Sta. Rosa	Terreno Industrial
7.150	1,8	12.870	440.917	Camino la Vara, San Bdo.	Terreno Industrial, Vía pavimentada, a 100 mts de 5 Sur

Fuente: Propiedades El Mercurio



• **Cotización Transformador Trifásico**

TRANSFORMADORES JJyP® LTDA.
CONSTRUCCION DE APARATOS ELECTROMECHANICOS
TRANSFORMADORES, MANTENCION Y REPARACION

E mail: contacto@jjyp.cl

www.jjyp.cl

28 ago. 07

SEÑOR : FRANCISCO SOTO
Fono Fax: 09-2289517
E Mail : francisco.sp@gmail.com

De : JAVIER ROJAS T.
Móvil : 08-9994119
E Mail : vrojas@jjyp.cl

REF. : CONSTRUCCION DE TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 90 KVA EN
TENSION 13.200/400-231 VOLTS

ESTIMADO,

JUNTO CON SALUDARLE CORDIALMENTE Y DE ACUERDO A SU
PETICIÓN VÍA TELEFONICA PRESENTAMOS PRESUPUESTO POR
CONSTRUCCIÓN DE TRANSFORMADOR, QUE SE DETALLA A CONTINUACIÓN:

CARACTERISTICAS:

POTENCIA	:	90 kVA
TENSIÓN PRIMARIA NOMINAL	:	13200. VOLTS
DERIVACIÓN DEL PRIMARIO	:	CINCO DE ACUERDO A NORMA
CONEXIÓN PRIMARIO	:	DELTA
TENSIÓN SECUNDARIO	:	400 – 231 v.
CONEXIÓN SECUNDARIO	:	ESTRELLA
FRECUENCIA	:	50 Hz.
IMPEDANCIA	:	4,0%
GRUPO CONEXIÓN	:	DY-1
REFRIGERANTE	:	ACEITE
PINTURA	:	EPÓXICA
MONTAJE	:	AÉREO
GARANTÍA	:	12 MESES
CERTIFICADO DE PRUEBAS	:	SÍ

ACCESORIOS

A.T.: AISLADORES DE LOZA, CONJUNTO DE VALVULAS (MUESTREO Y
DRENAJE), Y CAMBIADOR DE 5 POSICIONES.

B.T.: AISLADORES DE LOZA Y PLACA DE CARACTERÍSTICAS

VALOR NETO TRANSFORMADOR 90 kVA **\$1.690.000 mas iva**
TIEMPO DE ENTREGA: 15 DÍAS HÁBILES

CONDICIONES DE PAGO: 50% CON LA ORDEN DE COMPRA 25% CONTRA
ENTREGA DEL EQUIPO Y 25% DOCUMENTADO A 30 DIAS ATENTO A CUALQUIER
CONSULTA,

JAVIER ROJAS TRONCOSO.
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
08-9994119

CALLE UNO N°1357, LA FLORIDA, SANTIAGO, STGO. , FONOFAX: 2623873-2620509



TRANSFORMADORES JJyP® LTDA.
CONSTRUCCION DE APARATOS ELECTROMECHANICOS
TRANSFORMADORES, MANTENCION Y REPARACION

E mail: contacto@jjyp.cl

www.jjyp.cl

28 ago. 07

Sres.

Cot. N° : **90 KVA JRT 30/06 07**

Atte. : FRANCISCO SOTO

Fono Fax: 09-2289517

EMAIL : francisco.sp@gmail.com

De : JAVIER ROJAS TRONCOSO

Celular : 08-9994119

E Mail : jrojas@jjyp.cl

REF. PROYECTO SUMINISTRO Y MONTAJE DE SUBESTACION DE 90 KVA EN
TENCION 13.200 VOLLTS **NORMA CGE**

ESTIMADO,

JUNTO CON SALUDARLE CORDIALMENTE Y DE ACUERDO A SU PETICIÓN VIA
TELEFONICA, PRESENTAMOS PROYECTO SUMINISTRO Y MONTAJE DE SUBESTACION DE
15 KVA

ITEM I

- 1- SUMINISTRO Y MONTAJE DE UNPOSTES DE H. A. CON TODA SU FERRETERIA
ASOCIADA GALVANIZADA
- 2- SUMINISTRO Y MONTAJE DE TRES CRUCETAS DE MADERA DE DOS MTS DEL
TIPO INTEMPERIE
- 3- SUMINISTRO Y MONTAJE DE TODAS SUS ESPIGAS Y AISLADORES PARA CLASE 15
KV
- 4- SUMINISTRO Y MONTAJE DE UN JUEGO DE DESCONECTADORES CLASE 15 KV
- 5- HOLLADURA Y TAPADO [POSTE , MALLAS A.T Y B.T]
- 6- PROYECCION, EJECUCION Y CERTIFICACION DE MALLAS DE TIERRA DE ALTA
TENSION Y BAJA TENSION EN CU DESNUDO AWG DE 7 HEBRAS
- 7- TRAMITACION Y EJECUCION DEL PROYECTO EN MEDIA TENCION ANTE LA
SUPER INTENDENCIA DE ELECTRICIDAD Y COMBUSTIBLES { incluyen todos los
planos y tramites menores }
- 8- MEDICION DE RESCIVIDAD DE TERRENO

VALOR NETO OBRA VENDIDA: \$ **1.375.000 MAS IVA**

FORMA DE PAGO: * 50% CON LA ORDEN DE COMPRA Y,
* 50 % A CONVENIR

JAVIER ROJAS TRONCOSO
DDEPARTAMENTO DE INGENIERIA.

CALLE UNO N°1357, LA FLORIDA, SANTIAGO, STGO. ,FONOFAX: 2623873-2620509

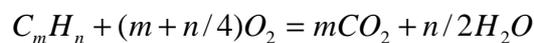
Anexo 5.2.: Cálculo Consumo de Combustible

Fuel Oil

El fuel oil N°6 es un derivado del petróleo que puede ser utilizado como combustible en hornos y calderas. Posee un alto contenido de hidrocarburos, esta compuesto por 85% de carbono, 12% de hidrógeno y 3% de elementos como azufre, oxígeno, nitrógeno y algunos elementos metálicos. Para simplificar los cálculos se tomará como supuestos que la composición del fuel oil será de un 15% de hidrogeno (H) y un 85% de carbono (C). La potencia calorífica del fuel oil es de 10.244 kcal/kg.

En la etapa de carbonización la temperatura a la que ocurre el proceso es de 600°C.

La ecuación para la combustión del petróleo es:



Sea F la cantidad de fuel oil (en kilos por hora) que se necesitan para la carbonización, entonces se oxidarán:

$$C = 0,85 * F \text{ kg/hr}$$

$$H = 0,15 * F \text{ kg/hr}$$

La cantidad de oxígeno consumida en la oxidación es:

$$O_2 = (0,85/12 + 0,15/4) * F = 0,1083 * F \text{ kg mol/hr}$$

La masa de CO2 y H2O que se forma será de:

$$CO_2 = (0,85/12) * F = 0,071 * F \text{ kg mol/hr}$$

$$H_2O = (0,15/2) * F = 0,075 * F \text{ kg mol/hr}$$

El oxígeno necesario se tomará a partir del aire, por lo tanto al sistema entrará una cantidad de nitrógeno, la cual corresponde a la siguiente proporción: (considerando una concentración del aire de 22% de O₂ y 78% de N₂)

$$\frac{22\% \text{ de } O_2}{0,1083 * F \text{ kg mol/hr}} = \frac{78\% \text{ de } N_2}{X}$$

$$\text{Entonces } N_2 = 0,384 * F \text{ kg mol/hr}$$

Con lo anterior se tiene que la cantidad que entrará será de:

$$O_2 = 0,1083 * F \text{ kg mol/hr}$$

$$N_2 = 0,384 * F \text{ kg mol/hr}$$

y la cantidad que saldrá del horno producto de la combustión del combustible será:

$$CO_2 = (0,85/12) * F = 0,071 * F \text{ kg mol / hr}$$

$$H_2O = (0,15/2) * F = 0,075 * F \text{ kg mol / hr}$$

$$N_2 = 0,384 * F \text{ kg mol / hr}$$

Como el nitrógeno es un gas inerte, la cantidad de entrada será la misma que la de salida. En total saldrá un flujo de $0,53 * F \text{ kg mol / hr}$

La energía necesaria en el horno se calcula como la suma de la energía necesaria para calentar los gases producto de la combustión de fuel oil, sea esta Q_1 , más la energía necesaria para el tratamiento de la materia prima, sea esta Q_2 . Los cálculos se realizarán tomando como base la metodología y los supuestos utilizados en la tesis "Obtención de carbón activado" de Ximena Álvarez M.

▪ Cálculo de Q_1

El cálculo de la energía necesaria para calentar los gases producto de la combustión de fuel oil, Q_1 , se estima mediante la siguiente fórmula:

$$Q_1 = F_{Salida} * C_p * \Delta T$$

Donde F_{Salida} es el flujo de gases producto de la combustión de fuel oil a la salida del horno, C_p es el calor específico de los gases y ΔT es la variación de temperatura donde $T_{inicial} = 25^\circ C$ y $T_{final} = 600^\circ C$. Se tiene además que $F_{Salida} = 0,53 * F \text{ kg mol / hr}$.

Los calores específicos medios de los gases que salen del horno producto de la combustión de combustible se calculan de la siguiente manera:⁵⁶

$$C_{pCO_2} = \frac{1}{\Delta T} * \int_{T_{inicial}}^{T_{final}} [10,34 + 0.00274 * T + 195500/T^2] dT = 11,05 \text{ cal / gmol}^\circ C$$

$$C_{pH_2O} = \frac{1}{\Delta T} * \int_{T_{inicial}}^{T_{final}} [8,22 + 0.00015 * T + 0,00000134 * T^2] dT = 8,71 \text{ cal / gmol}^\circ C$$

$$C_{pN_2} = \frac{1}{\Delta T} * \int_{T_{inicial}}^{T_{final}} [6,5 + 0.001 * T] dT = 6,5 \text{ cal / gmol}^\circ C$$

Luego C_p , el calor específico promedio de la mezcla gaseosa, se calcula como el calor específico de cada componente por su fracción molar:

⁵⁶ Perry, Robert. Manual del Ingeniero Químico. Versión digital.

$$C_p = (11,05 * 0,071 + 8,71 * 0,075 + 6,5 * 0,384) * F / 0,53 * F = 7,42 \text{ kcal / kgmol}^\circ C$$

Y el peso molecular de los gases se calcula como el peso molecular de cada componente multiplicada por su fracción molar:

$$PM = (44 * 0,071 + 18 * 0,075 + 28 * 0,384) / 0,53 = 28,73$$

Entonces, de acuerdo a la fórmula de cálculo de la energía necesaria para el calentamiento de los gases de combustión, Q_1 , se obtiene que:

$$Q_1 = F_{Salida} * C_p * \Delta T = 0,53 * \frac{7,42}{28,73} * 575 = 78,7 * F \text{ kcal / hr}$$

▪ Cálculo de Q_2

El cálculo de la energía necesaria para el tratamiento de la materia prima, Q_2 , se calcula de la siguiente forma: (Los cálculos se realizarán tomando como dato la capacidad de la planta, es decir, para producir 800 toneladas anuales)

La materia prima debe ser secada y carbonizada en el horno. Se tomará como supuesto que la humedad de la materia prima es de un 10%. Además se tomarán los siguientes datos:

Temperatura de reacción de la carbonización: $T_{rc} = 450^\circ C$

Flujo del material húmedo (flujo que ingresa al horno): $F_{mh} = 595 \text{ kg / hr}$

$$\text{Sea } F_{mh} = F_{ms} + F_{amh}$$

Donde F_{ms} es el flujo de materia prima seca y F_{amh} es el flujo de agua en el material húmedo, entonces:

$$595 \text{ kg / hr} = F_{ms} + F_{amh}$$

Además, del supuesto de que la humedad de la materia prima es de un 10%, se tiene la siguiente ecuación, la cual habla de la cantidad de agua (en kilos) en el material húmedo.

$$F_{amh} / F_{mh} = 0,1 \text{ kg agua / kg material}$$

Con lo que se puede obtener que:

$$F_{amh} = 59,5 \text{ kg / hr}$$

$$F_{ms} = 535,5 \text{ kg / hr}$$

De aquí, y recordando que de la etapa de carbonización se obtiene aproximadamente un 35% de la materia prima seca (F_{ms}) de material sólido para la activación, se obtiene que este valor es de:

$$F_s = 0,35 * F_{ms} = 187,4 \text{ kg / hr}$$

Además, de la tabla 4.2. donde se muestra los gases producto de la carbonización del material sólido, se puede estimar que la cantidad de gases condensables y no condensables que se obtendrán serán:

Flujo de gases condensables: $F_c = 0,43 * F_{ms} = 230,3 \text{ kg / hr}$

Flujo de gases no condensables: $F_{nc} = 0,22 * F_{ms} = 117,8 \text{ kg / hr}$

El calor necesario para el tratamiento de la materia prima, Q_2 , se descompone en el calor necesario para secar el material húmedo, Q_s , más el calor necesario para la carbonización del material, Q_c . Es decir, $Q_2 = Q_s + Q_c$

- Cálculo de Q_s :

El calor para secar el material se expresa como la suma del calor para el material húmedo hasta que comience la evaporación de la humedad, Q_{mh} , más el calor de evaporación del agua, Q_{ev} , más el calor para el material seco hasta que llegue a la temperatura de reacción de la carbonización, Q_{ms} . Es decir,

$$Q_s = Q_{mh} + Q_{ev} + Q_{ms}$$

Q_{mh} se calculará mediante la siguiente ecuación: $Q_{mh} = F_{mh} * C_{pmh} * (T_{ev} - T_0)$ donde C_{pmh} es el calor específico del material húmedo y su valor se estima en 0,33 kcal/kg°C. Se tiene que,

$$Q_{mh} = 595 * 0,33 * (100 - 25) = 14.726,25 \text{ kcal / hr}$$

Q_{ev} se calculará de la siguiente forma: $Q_{ev} = F_{amh} * \Delta H_{ev}$, donde ΔH_{ev} es la entalpía de evaporación del agua y su valor es 539 kcal/kg. Por lo tanto se tiene que,

$$Q_{ev} = 59,5 * 539 = 32.070,5 \text{ kcal / hr}$$

Q_{ms} se calculará mediante la siguiente ecuación: $Q_{ms} = F_{ms} * C_{pms} * (T_{rc} - T_{ev})$ donde C_{pms} es el calor específico del materia seco y su valor corresponde a 0,33 kcal/kg°C. Luego se tiene que:

$$Q_{ms} = 535,5 * 0,33 * (450 - 100) = 61.850,25 \text{ kcal / hr}$$

Finalmente $Q_s = 108.647 \text{ kcal/hr}$.

- Cálculo de Q_c :

El calor necesario para la carbonización se expresa como la suma del calor de la reacción de la carbonización, Q_{rc} , más el calor sensible del flujo de materia sólido, Q_{sm} , más el calor sensible de productos volátiles de la carbonización, Q_{vc} . Es decir, $Q_c = Q_{rc} + Q_{sm} + Q_{vc}$

Q_{rc} se puede calcular mediante la ecuación: $Q_{rc} = \Delta H_{rc} * R_{rc}$ donde el primer término representa el cambio entálpico de las reacciones de carbonización y su valor es 200 kcal/kg, y el segundo término representa la velocidad de reacción de la carbonización y corresponde a la masa de gases que se elimina de la materia prima por unidad de tiempo, es decir $F_c + F_{nc} = 348,1 \text{ kg / hr}$. Por lo tanto se tiene que:

$$Q_{rc} = 200 * 348,1 = 69.620 \text{ kcal / hr}$$

Q_{sm} se calcula de la siguiente manera: $Q_{sm} = F_s * C_{ps} * (T - T_{rc})$ donde C_{ps} corresponde al calor específico del material sólido y su valor, según bibliografía, es de 0,239 kcal/kg°C, T representa la temperatura a la que se llevará a cabo la carbonización dentro del horno. Por lo tanto se tiene que:

$$Q_{sm} = 187 * 0,239 * (600 - 450) = 6.703,95 \text{ kcal / hr}$$

Finalmente Q_{vc} se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$Q_{vc} = (F_c * C_{pc} + F_{nc} * C_{pnc}) * \Delta T \text{ donde:}$$

$$F_c = \text{Flujo de gases condensables} = 230,3 \text{ kg / hr}$$

$$C_{pc} = \text{Calores específicos de los gases condensables}$$

$$F_{nc} = \text{Flujo de gases no condensables} = 117,8 \text{ kg / hr}$$

$$C_{pnc} = \text{Calores específicos de los gases no condensables}$$

Los gases condensables se componen principalmente de alquitranes (9%) y agua (34%). Los calores específicos son:

$$C_{p\text{agua}} = 0,61 \text{ kcal / kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{alquitranes}} = 0,45 \text{ kcal / kg}^\circ\text{C}$$

Los gases condensables corresponden a H₂, CO₂, CO y CH₄. Sus calores específicos medios son los siguientes:

$$C_{p\text{H}_2} = 3,62$$

$$C_{pCO_2} = 0,3$$

$$C_{pCO} = 0,27$$

$$C_{pCH_4} = 0,87$$

Tabla: Fracción másica de los gases no condensables

	CO ₂	CO	CH ₄	H ₂
W _i	0,266	0,305	0,203	0,226

Fuente: Obtención de carbón activado; Álvarez, Ximena

Con los datos obtenidos y los valores de las fracciones másicas de los gases se obtiene que:

$$F_c * C_{pc} = 230,3 * (0,34 * 0,61 + 0,09 * 0,45) = 57,09 \text{ kcal / hr}^\circ C$$

$$F_{nc} * C_{pnc} = 117,8 * (0,226 * 3,62 + 2,66 * 0,3 + 0,305 * 0,27 + 0,203 * 0,87) = 220,9 \text{ kcal / hr}^\circ C$$

Entonces

$$Q_{vc} = (57,09 + 220,9) * (600 - 450) = 41.698,5 \text{ kcal / hr}$$

Finalmente de la ecuación para el cálculo de Q_c se obtiene que el calor necesario para la carbonización es:

$$Q_c = 69.620 + 6.703,95 + 41.698,5 = 118.022,45 \text{ kcal / hr}$$

Por lo tanto el calor necesario para el tratamiento de la materia prima, Q_2 , es:

$$Q_2 = Q_s + Q_c = 108.647 + 118.022,45 = 226.669,45 \text{ kcal / hr}$$

Finalmente, como ya se mencionó, la energía necesaria en el horno debe ser igual a la energía generada por el combustible, es decir:

$$10.000 * F = Q_1 + Q_2 = 78,7 * F + 226.669,45$$

Despejando la ecuación se obtiene que la cantidad de fuel oil (F) para la etapa de carbonización es:

$$F = 22,3 \text{ kg / hr}$$

Tomando un factor de seguridad de un 25% (por errores de cálculos por aproximaciones y supuestos y por pérdidas de combustible) se obtiene que:

$$F = 27,9 \text{ kg / hr}$$

Ahora se debe calcular la cantidad de fuel oil necesaria para la activación. En esta etapa del proceso se estima una pérdida de un 5% del material sólido proveniente de la activación y esta etapa se lleva a cabo en el horno a 900°C.

▪ **Cálculo de Q_1**

El cálculo del calor necesario para calentar los gases producto de la combustión del fuel oil, Q_1 , se realiza de la misma manera que para la carbonización, la diferencia está en los calores específico debido a que la temperatura final en esta etapa es de 1173°K. Sea F' (kg/hr) la cantidad de fuel oil necesaria para esta etapa. Los nuevos calores específicos son:

$$C_{pCO_2} = 10,86 \text{ cal / grmol}^\circ C$$

$$C_{pH_2O} = 8,222 \text{ cal / grmol}^\circ C$$

$$C_{pN_2} = 6,5 \text{ cal / grmol}^\circ C$$

Con lo que se obtiene que el calor específico medio de estos gases es:

$$C_p = 7,33 \text{ kcal / kgmol}^\circ C$$

Con esto se obtiene que $Q_1 = 0,53 * F' * C_p * \Delta T = 118,32 * F' \text{ kcal / hr}$

▪ **Cálculo de Q_2**

El cálculo del calor necesario para el tratamiento del material sólido carbonizado, Q_2 , se realiza de la siguiente manera:

En esta etapa el material no contiene humedad y se estiman pérdidas de material de un 5% y el flujo de material será $F_s = 416 \text{ kg / hr}$. Q_2 se expresa como:

$$Q_2 = q_1 + q_2 + q_3$$

donde q_1 es el calor necesario para calentar el material sólido, q_2 es el calor necesario para la activación y q_3 es el calor para los gases producto de la activación del material sólido.

- Cálculo de q_1

$$q_1 = F_s * (1 - \beta) * C_{ps} * \Delta T = 416 * 0,95 * 0,239 * 875 = 82.646,2 \text{ kcal / hr}$$

- Cálculo de q_2

$$q_2 = F_s * \beta * \Delta H_r$$

donde ΔH_r es la entalpía de la reacción. El valor del calor de reacción de la activación es de 36.301 kcal/mol y el material se compone principalmente de carbono, cuyo peso molecular es de 12 gr/mol. Por lo tanto $\Delta H_r = 36.301/12 = 3025 \text{ kcal / gr}$.

Por lo tanto $q_2 = 416 * 0,05 * 3025 = 62.920 \text{ kcal / hr}$

- Cálculo de q_3

$$q_3 = F_s * \beta * C_p * \Delta T$$

C_p corresponde a los calores específicos de los gases no condensables ya calculados para la carbonización. Por lo tanto,

$$q_3 = 416 * 0,05 * 1,875 * 875 = 34.125 \text{ kcal / hr}$$

Con los datos anteriores se obtiene que:

$$Q_2 = q_1 + q_2 + q_3 = 179.691,2 \text{ kcal / hr}$$

Finalmente, la energía necesaria en el horno debe ser igual a la energía generada por el combustible, es decir:

$$10.000 * F' = Q_1 + Q_2 = 118,32 * F' + 179.691,2$$

Despejando la ecuación se obtiene que la cantidad de fuel oil (F') para la etapa de activación es:

$$F' = 17,7 \text{ kg / hr}$$

Tomando un factor de seguridad de un 25% (por errores de cálculos por aproximaciones y supuestos y por pérdidas de combustible) se obtiene que:

$$F' = 22,2 \text{ kg / hr}$$

Gas Natural

El gas natural está compuesto principalmente por metano (CH₄), y sus características son:

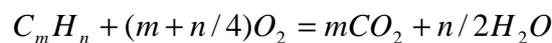
La potencia calorífica del gas natural es 9.536 kcal/kg.

Composición de carbono, C = 75%

Composición de hidrógeno, H = 25%

En la etapa de carbonización la temperatura a la que ocurre el proceso es de 600°C.

La ecuación para la combustión del petróleo es:



En este caso, $m=1$ y $n=4$. Sea G la cantidad de gas (en kilos por hora) que se necesitan para la carbonización, entonces se oxidarán:

$$C = 0,75 * F \text{ kg/hr}$$

$$H = 0,25 * F \text{ kg/hr}$$

La cantidad de oxígeno consumida en la oxidación es:

$$O_2 = (0,75/12 + 0,15/4) * G = 0,125 * G \text{ kgmol / hr}$$

La masa de CO_2 y H_2O que se forma será de:

$$CO_2 = (0,75/12) * G = 0,0625 * G \text{ kg mol / hr}$$

$$H_2O = (0,25/2) * G = 0,125 * G \text{ kg mol / hr}$$

El oxígeno necesario se tomará a partir del aire, por lo tanto al sistema entrará una cantidad de nitrógeno, la cual corresponde a la siguiente: (considerando una concentración del aire de 22% de O_2 y 78% de N_2)

$$\frac{22\% \text{ de } O_2}{0,125 * G \text{ kg mol / hr}} = \frac{78\% \text{ de } N_2}{X}$$

$$\text{Entonces } N_2 = 0,443 * G \text{ kg mol / hr}$$

Con lo anterior se tiene que la cantidad que entrará será de:

$$O_2 = 0,125 * G \text{ kg mol / hr}$$

$$N_2 = 0,443 * G \text{ kg mol / hr}$$

y la cantidad que saldrá del horno producto de la combustión del combustible será:

$$CO_2 = (0,75/12) * G = 0,0625 * G \text{ kg mol / hr}$$

$$H_2O = (0,25/2) * G = 0,125 * G \text{ kg mol / hr}$$

$$N_2 = 0,443 * G \text{ kg mol / hr}$$

Como el nitrógeno es un gas inerte, la cantidad de entrada será la misma que la de salida. En total saldrá un flujo de $0,6305 * G \text{ kg mol / hr}$

Realizando los mismos cálculos que se realizaron para el caso del fuel oil y bajo los mismos supuestos se obtienen los siguientes valores para la cantidad de combustible para la carbonización (G) y para la activación (G')

$$G = 28,8 \text{ kg/hr}$$

$$G' = 22,8 \text{ kg/hr}$$

Anexo 5.3.: Gases Producto del Proceso de Fabricación de Carbón Activado

Carbonización			
Entrada (kg/hr)		Salida (kg/hr)	
Materia prima	535,50	Sólido carbonizado	187,43
		Agua	182,07
		Alquitran	48,20
		CO ₂	31,34
		CO	35,93
		CH ₄	23,92
		H ₂	26,63
Fuel oil	27,87		
O ₂	96,60	CO ₂	87,08
		H ₂ O	37,63
N ₂	299,70	N ₂	299,70
Total	960	Total	960

Fuente: Elaboración Propia

Activación			
Entrada (kg/hr)		Salida (kg/hr)	
Sólido Carbonizado	416	Carbón Activado	395,20
Vapor de agua	350	CO ₂	82,53
		CO	76,34
		CH ₄	25,22
		H ₂	179,70
		C ₂	7,00
Fuel oil	22,18	CO ₂	69,30
O ₂	76,88	H ₂ O	29,95
N ₂	238,51	N ₂	238,51
Total	1.104	Total	1.104

Fuente: Elaboración Propia

Además se debe considerar un flujo de gases como H₂S y SO₂ (aproximadamente un 3%) que no se encuentran en la tabla debido a los supuestos realizados para el cálculo de combustible.

Anexo 5.4.: Flujo de caja sin financiamiento. Uso de gas natural como combustible.

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		854.018	784.523	813.124	842.483	874.353	884.811	884.811	884.811	884.811	884.811
<i>Variables</i>		339.766	360.225	380.714	401.328	423.864	431.979	431.979	431.979	431.979	431.979
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		111.467	120.379	129.291	137.555	146.965	149.754	149.754	149.754	149.754	149.754
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (Sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		514.252	424.298	432.410	441.155	450.488	452.832	452.832	452.832	452.832	452.832
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas y Marketing		171.000	73.188	78.311	83.793	89.658	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros (Administración)		15.052	22.909	25.898	29.161	32.629	33.431	33.431	33.431	33.431	33.431
INGRESO BRUTO		285.982	435.277	492.062	554.066	619.955	635.189	635.189	635.189	635.189	635.189
Depreciaciones		- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		198.056	347.351	404.136	466.140	532.029	547.263	547.263	547.263	547.263	547.263
Impuesto (17%)		- 33.669	- 59.050	- 68.703	- 79.244	- 90.445	- 93.035	- 93.035	- 93.035	- 93.035	- 93.035
UTILIDAD NETA		164.386	288.302	335.433	386.896	441.584	454.229	454.229	454.229	454.229	454.229
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		252.312	376.228	423.359	474.822	529.510	542.155	542.155	542.155	542.155	542.155
Inversión	-	2.124.179									
Capital de Trabajo	-	284.673									284.673
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	-	2.408.852	252.312	376.228	423.359	474.822	529.510	542.155	542.155	542.155	1.838.156

VPN	114.828 USD
TIR	16,11%
PRC	6 años

Anexo 5.5.: Flujos de caja correspondientes a los análisis de sensibilidad.

▪ Precio: Disminución 10%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1.710	1.710	1.710	1.710	1.710	1.710	1.710	1.710	1.710	1.710
Ingresos		1.026.000	1.097.820	1.174.667	1.256.894	1.344.877	1.368.000	1.368.000	1.368.000	1.368.000	1.368.000
Costos		794.663	731.125	755.826	781.769	809.374	818.701	818.701	818.701	818.701	818.701
<i>Variables</i>		300.387	317.755	335.100	353.148	372.296	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		72.088	77.910	83.678	89.375	95.396	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		494.276	413.370	420.725	428.621	437.078	439.191	439.191	439.191	439.191	439.191
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantenición		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		153.900	65.869	70.480	75.414	80.693	82.080	82.080	82.080	82.080	82.080
Otros		12.176	19.300	22.044	25.007	28.184	28.910	28.910	28.910	28.910	28.910
INGRESO BRUTO		231.337	366.695	418.842	475.125	535.503	549.299	549.299	549.299	549.299	549.299
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		143.411	278.769	330.916	387.199	447.577	461.373	461.373	461.373	461.373	461.373
Impuesto (17%)	-	24.380	- 47.391	- 56.256	- 65.824	- 76.088	- 78.433	- 78.433	- 78.433	- 78.433	- 78.433
UTILIDAD NETA		119.031	231.378	274.660	321.375	371.489	382.939	382.939	382.939	382.939	382.939
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		206.957	319.304	362.586	409.301	459.415	470.865	470.865	470.865	470.865	470.865
Inversión	-	2.124.179									
Capital de Trabajo	-	264.888									264.888
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	-	2.389.067	206.957	319.304	362.586	409.301	459.415	470.865	470.865	470.865	1.747.081

VPN	-144.885 USD
TIR	13,57%
PRC	7

▪ Precio: Disminución 5%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1.805	1.805	1.805	1.805	1.805	1.805	1.805	1.805	1.805	1.805
Ingresos		1.083.000	1.158.810	1.239.927	1.326.722	1.419.592	1.444.000	1.444.000	1.444.000	1.444.000	1.444.000
Costos		805.636	737.651	762.808	789.241	817.368	826.833	826.833	826.833	826.833	826.833
<i>Variables</i>		300.387	317.755	335.100	353.148	372.296	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		72.088	77.910	83.678	89.375	95.396	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (Sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		505.249	419.896	427.708	436.093	445.072	447.323	447.323	447.323	447.323	447.323
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		162.450	69.529	74.396	79.603	85.176	86.640	86.640	86.640	86.640	86.640
Otros		14.598	22.166	25.111	28.288	31.696	32.482	32.482	32.482	32.482	32.482
INGRESO BRUTO		277.364	421.159	477.118	537.481	602.224	617.167	617.167	617.167	617.167	617.167
Depreciaciones		- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		189.438	333.233	389.192	449.555	514.298	529.241	529.241	529.241	529.241	529.241
Impuesto (17%)		- 32.205	- 56.650	- 66.163	- 76.424	- 87.431	- 89.971	- 89.971	- 89.971	- 89.971	- 89.971
UTILIDAD NETA		157.234	276.584	323.030	373.130	426.867	439.270	439.270	439.270	439.270	439.270
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		245.160	364.509	410.956	461.056	514.793	527.196	527.196	527.196	527.196	527.196
Inversión	2.124.179										
Capital de Trabajo	- 268.545										268.545
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	- 2.392.724	245.160	364.509	410.956	461.056	514.793	527.196	527.196	527.196	527.196	1.807.069

VPN	70.295 USD
TIR	15,69%
PRC	6

▪ Precio: Aumento 5%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995	1.995
Ingresos		1.197.000	1.280.790	1.370.445	1.466.376	1.569.023	1.596.000	1.596.000	1.596.000	1.596.000	1.596.000
Costos		827.581	750.703	776.774	804.184	833.357	843.097	843.097	843.097	843.097	843.097
<i>Variables</i>		300.387	317.755	335.100	353.148	372.296	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		72.088	77.910	83.678	89.375	95.396	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		527.194	432.948	441.673	451.036	461.061	463.587	463.587	463.587	463.587	463.587
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		179.550	76.847	82.227	87.983	94.141	95.760	95.760	95.760	95.760	95.760
Otros		19.443	27.899	31.246	34.852	38.719	39.626	39.626	39.626	39.626	39.626
		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
INGRESO BRUTO		369.419	530.087	593.671	662.192	735.666	752.903	752.903	752.903	752.903	752.903
Depreciaciones		- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		281.493	442.161	505.746	574.267	647.740	664.977	664.977	664.977	664.977	664.977
Impuesto (17%)		- 47.854	- 75.167	- 85.977	- 97.625	- 110.116	- 113.046	- 113.046	- 113.046	- 113.046	- 113.046
UTILIDAD NETA		233.639	366.994	419.769	476.641	537.624	551.931	551.931	551.931	551.931	551.931
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		321.565	454.920	507.695	564.567	625.550	639.857	639.857	639.857	639.857	639.857
Inversión	2.124.179										
Capital de Trabajo	- 275.860										275.860
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	- 2.400.039	321.565	454.920	507.695	564.567	625.550	639.857	639.857	639.857	639.857	1.927.045

VPN	500.655 USD
TIR	19,79%
PRC	5

▪ Precio Fuel Oil: Disminución 20%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		793.985	720.448	744.966	770.805	798.311	807.555	807.555	807.555	807.555	807.555
<i>Variables</i>		276.573	292.777	308.969	325.877	343.821	350.657	350.657	350.657	350.657	350.657
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		57.670	62.328	66.942	71.500	76.317	77.828	77.828	77.828	77.828	77.828
Combustible Caldera		39.415	39.415	39.415	39.415	39.415	39.415	39.415	39.415	39.415	39.415
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
<i>Fijos</i>		517.412	427.670	435.997	444.928	454.491	456.898	456.898	456.898	456.898	456.898
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		171.000	73.188	78.311	83.793	89.658	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros		18.211	26.282	29.485	32.934	36.631	37.497	37.497	37.497	37.497	37.497
INGRESO BRUTO		346.015	499.352	560.220	625.744	695.996	712.445	712.445	712.445	712.445	712.445
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		258.089	411.426	472.294	537.818	608.070	624.519	624.519	624.519	624.519	624.519
Impuesto (17%)	-	43.875	- 69.942	- 80.290	- 91.429	- 103.372	- 106.168	- 106.168	- 106.168	- 106.168	- 106.168
UTILIDAD NETA		214.214	341.484	392.004	446.389	504.698	518.351	518.351	518.351	518.351	518.351
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		302.140	429.410	479.930	534.315	592.624	606.277	606.277	606.277	606.277	606.277
Inversión	-	2.124.179									
Capital de Trabajo	-	264.662									264.662
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	-	2.388.841	302.140	429.410	479.930	534.315	592.624	606.277	606.277	606.277	1.882.267

VPN	382.709 USD
TIR	18,70%
PRC	6

▪ Precio Fuel Oil: Aumento 20%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		839.231	767.906	794.616	822.620	852.414	862.376	862.376	862.376	862.376	862.376
Variables		324.200	342.733	361.232	380.419	400.771	408.363	408.363	408.363	408.363	408.363
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		86.505	93.492	100.413	107.250	114.476	116.742	116.742	116.742	116.742	116.742
Combustible Caldera		58.207	58.207	58.207	58.207	58.207	58.207	58.207	58.207	58.207	58.207
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
Fijos		515.031	425.173	433.384	442.201	451.643	454.013	454.013	454.013	454.013	454.013
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		171.000	73.188	78.311	83.793	89.658	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros		15.830	23.784	26.872	30.207	33.784	34.612	34.612	34.612	34.612	34.612
INGRESO BRUTO		300.769	451.894	510.570	573.929	641.893	657.624	657.624	657.624	657.624	657.624
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		212.843	363.968	422.644	486.003	553.967	569.698	569.698	569.698	569.698	569.698
Impuesto (17%)	-	36.183	- 61.875	- 71.849	- 82.621	- 94.174	- 96.849	- 96.849	- 96.849	- 96.849	- 96.849
UTILIDAD NETA		176.660	302.094	350.795	403.383	459.793	472.850	472.850	472.850	472.850	472.850
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		264.586	390.019	438.720	491.309	547.719	560.775	560.775	560.775	560.775	560.775
Inversión	-	2.124.179									
Capital de Trabajo	-	279.744									279.744
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	-	2.403.923	264.586	390.019	438.720	491.309	547.719	560.775	560.775	560.775	1.851.848

VPN	188.241 USD
TIR	16,82%
PRC	6

▪ Precio Fuel Oil: Aumento 50%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		873.166	803.499	831.854	861.481	892.992	903.491	903.491	903.491	903.491	903.491
Variables		359.921	380.200	400.429	421.326	443.484	451.643	451.643	451.643	451.643	451.643
Materia Prima		148.148	159.259	170.370	182.222	194.815	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		108.132	116.864	125.517	134.063	143.095	145.928	145.928	145.928	145.928	145.928
Combustible Caldera		72.301	72.301	72.301	72.301	72.301	72.301	72.301	72.301	72.301	72.301
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.658	7.124	7.622	8.156	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
Fijos		513.245	423.299	431.424	440.155	449.507	451.849	451.849	451.849	451.849	451.849
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantención		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		171.000	73.188	78.311	83.793	89.658	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros		14.044	21.911	24.912	28.161	31.648	32.448	32.448	32.448	32.448	32.448
INGRESO BRUTO		266.834	416.301	473.332	535.068	601.316	616.509	616.509	616.509	616.509	616.509
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		178.909	328.375	385.407	447.142	513.390	528.583	528.583	528.583	528.583	528.583
Impuesto (17%)	-	30.414	- 55.824	- 65.519	- 76.014	- 87.276	- 89.859	- 89.859	- 89.859	- 89.859	- 89.859
UTILIDAD NETA		148.494	272.551	319.887	371.128	426.114	438.724	438.724	438.724	438.724	438.724
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		236.420	360.477	407.813	459.054	514.040	526.649	526.649	526.649	526.649	526.649
Inversión	-	2.124.179									
Capital de Trabajo	-	291.055									291.055
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	-	2.415.234	236.420	360.477	407.813	459.054	514.040	526.649	526.649	526.649	1.829.033

VPN	42.390 USD
TIR	15,41%
PRC	6

■ Crecimiento 3%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	618	636,54	655,6362	675,305286	695,564445	716,431378	737,924319	760,062049	782,86391
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.174.200	1.209.426	1.245.709	1.283.080	1.321.572	1.361.220	1.402.056	1.444.118	1.487.441
Costos		816.608	729.252	739.669	750.398	761.449	772.832	784.556	796.632	809.071	821.882
Variables		300.387	307.181	314.178	321.386	328.809	336.456	344.332	352.444	360.799	369.405
Materia Prima		148.148	152.593	157.170	161.885	166.742	171.744	176.897	182.204	187.670	193.300
Combustible horno		72.088	74.251	76.478	78.772	81.136	83.570	86.077	88.659	91.319	94.058
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.409	6.601	6.799	7.003	7.213	7.430	7.653	7.882	8.119
Fijos		516.221	422.071	425.490	429.012	432.640	436.376	440.225	444.189	448.271	452.477
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantenión		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		171.000	70.452	72.566	74.743	76.985	79.294	81.673	84.123	86.647	89.246
Otros		17.021	23.418	24.724	26.069	27.454	28.881	30.351	31.864	33.424	35.029
INGRESO BRUTO		323.392	444.948	469.757	495.311	521.631	548.740	576.663	605.424	635.047	665.559
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		235.466	357.022	381.832	407.385	433.705	460.815	488.737	517.498	547.121	577.634
Impuesto (17%)	-	40.029	- 60.694	- 64.911	- 69.255	- 73.730	- 78.338	- 83.085	- 87.975	- 93.011	- 98.198
UTILIDAD NETA		195.437	296.329	316.920	338.130	359.975	382.476	405.652	429.523	454.111	479.436
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		283.363	384.254	404.846	426.055	447.901	470.402	493.578	517.449	542.037	567.362
Inversión	2.124.179										
Capital de Trabajo	- 272.203										272.203
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	- 2.396.382	283.363	384.254	404.846	426.055	447.901	470.402	493.578	517.449	542.037	1.850.893

VPN	37.147 USD
TIR	15,37%
PRC	6

■ Crecimiento 10%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	660	726	800	800	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.254.000	1.379.400	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		816.608	752.850	789.932	834.965	834.965	834.965	834.965	834.965	834.965	834.965
Variables		300.387	323.033	347.943	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510	379.510
Materia Prima		148.148	162.963	179.259	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000	200.000
Combustible horno		72.088	79.297	87.226	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285	97.285
Combustible Caldera		48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811	48.811
Electricidad		25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118	25.118
Insumos (sacos)		6.222	6.844	7.529	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296	8.296
Fijos		516.221	429.817	441.989	455.455	455.455	455.455	455.455	455.455	455.455	455.455
Salarios		301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111	301.111
Mantenición		27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090	27.090
Gasto Ventas		171.000	75.240	82.764	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200	91.200
Otros		17.021	26.376	31.025	36.054	36.054	36.054	36.054	36.054	36.054	36.054
INGRESO BRUTO		323.392	501.150	589.468	685.035						
Depreciaciones	-	87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926	- 87.926
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		235.466	413.224	501.542	597.109						
Impuesto (17%)	-	40.029	- 70.248	- 85.262	- 101.509	- 101.509	- 101.508	- 101.508	- 101.508	- 101.508	- 101.508
UTILIDAD NETA		195.437	342.976	416.280	495.600						
Depreciaciones (+)		87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926	87.926
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		283.363	430.902	504.205	583.526						
Inversión	2.124.179										
Capital de Trabajo	- 272.203										272.203
Valor Residual											1.011.328
FLUJO DE CAJA	- 2.396.382	283.363	430.902	504.205	583.526	583.526	583.526	583.526	583.526	583.526	1.867.057

VPN	365.998 USD
TIR	18,55%
PRC	6

▪ Tipo de cambio: Baja 3%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		840.101	765.306	791.581	819.193	848.579	858.439	858.439	858.439	858.439	858.439
<i>Variables</i>		309.677	327.583	345.464	364.070	383.810	391.248	391.248	391.248	391.248	391.248
Materia Prima		152.730	164.185	175.640	187.858	200.840	206.186	206.186	206.186	206.186	206.186
Combustible horno		74.317	80.319	86.266	92.139	98.347	100.294	100.294	100.294	100.294	100.294
Combustible Caldera + Agua		50.321	50.321	50.321	50.321	50.321	50.321	50.321	50.321	50.321	50.321
Electricidad		25.894	25.894	25.894	25.894	25.894	25.894	25.894	25.894	25.894	25.894
Insumos (sacos)		6.415	6.864	7.344	7.858	8.408	8.553	8.553	8.553	8.553	8.553
<i>Fijos</i>		530.424	437.724	446.116	455.123	464.768	467.191	467.191	467.191	467.191	467.191
Salarios		310.424	310.424	310.424	310.424	310.424	310.424	310.424	310.424	310.424	310.424
Mantenión		27.928	27.928	27.928	27.928	27.928	27.928	27.928	27.928	27.928	27.928
Gasto Ventas		176.289	75.452	80.733	86.384	92.431	94.021	94.021	94.021	94.021	94.021
Otros (administración)		15.784	23.921	27.032	30.387	33.986	34.819	34.819	34.819	34.819	34.819
INGRESO BRUTO		299.899	454.494	513.605	577.356	645.729	661.561	661.561	661.561	661.561	661.561
Depreciaciones	-	90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645	- 90.645
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		209.253	363.848	422.960	486.710	555.084	570.916	570.916	570.916	570.916	570.916
Impuesto (17%)	-	35.573	- 61.854	- 71.903	- 82.741	- 94.364	- 97.056	- 97.056	- 97.056	- 97.056	- 97.056
UTILIDAD NETA		173.680	301.994	351.057	403.970	460.719	473.860	473.860	473.860	473.860	473.860
Depreciaciones (+)		90.645	90.645	90.645	90.645	90.645	90.645	90.645	90.645	90.645	90.645
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		264.326	392.639	441.702	494.615	551.365	564.506	564.506	564.506	564.506	564.506
Inversión	-	2.189.875									
Capital de Trabajo	-	280.621									280.621
Valor Residual											1.042.607
FLUJO DE CAJA	-	2.470.497	264.326	392.639	441.702	494.615	551.365	564.506	564.506	564.506	1.887.734

VPN	149.120 USD
TIR	16,41%
PRC	6 años

▪ Tipo de cambio: Alza 3%

Item	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Produccion (ton)		600	642	687	735	786	800	800	800	800	800
Precio (US\$/ton)		1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900	1900
Ingresos		1.140.000	1.219.800	1.305.186	1.396.549	1.494.307	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000	1.520.000
Costos		794.484	724.278	749.271	775.541	803.499	812.860	812.860	812.860	812.860	812.860
Variables		291.638	308.500	325.340	342.862	361.452	368.457	368.457	368.457	368.457	368.457
Materia Prima		143.833	154.621	165.408	176.915	189.141	194.175	194.175	194.175	194.175	194.175
Combustible horno		69.988	75.640	81.240	86.772	92.618	94.452	94.452	94.452	94.452	94.452
Combustible Caldera + Agua		47.389	47.389	47.389	47.389	47.389	47.389	47.389	47.389	47.389	47.389
Electricidad		24.386	24.386	24.386	24.386	24.386	24.386	24.386	24.386	24.386	24.386
Insumos (sacos)		6.041	6.464	6.916	7.400	7.919	8.055	8.055	8.055	8.055	8.055
Fijos		502.846	415.778	423.931	432.679	442.047	444.403	444.403	444.403	444.403	444.403
Salarios		292.341	292.341	292.341	292.341	292.341	292.341	292.341	292.341	292.341	292.341
Mantenión		26.301	26.301	26.301	26.301	26.301	26.301	26.301	26.301	26.301	26.301
Gasto Ventas		166.019	71.056	76.030	81.352	87.047	88.544	88.544	88.544	88.544	88.544
Otros (administración)		18.185	26.080	29.259	32.685	36.358	37.218	37.218	37.218	37.218	37.218
INGRESO BRUTO		345.516	495.522	555.915	621.008	690.808	707.140	707.140	707.140	707.140	707.140
Depreciaciones	-	85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365	- 85.365
Pérdida ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UTILIDAD BRUTA		260.151	410.157	470.550	535.643	605.443	621.775	621.775	621.775	621.775	621.775
Impuesto (17%)	-	44.226	- 69.727	- 79.994	- 91.059	- 102.925	- 105.702	- 105.702	- 105.702	- 105.702	- 105.702
UTILIDAD NETA		215.926	340.430	390.557	444.584	502.518	516.074	516.074	516.074	516.074	516.074
Depreciaciones (+)		85.365	85.365	85.365	85.365	85.365	85.365	85.365	85.365	85.365	85.365
Perdidas ejercicios anteriores		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FLUJO OPERACIONAL		301.291	425.795	475.922	529.949	587.883	601.439	601.439	601.439	601.439	601.439
Inversión	-	2.062.310									
Capital de Trabajo	-	264.275									264.275
Valor Residual											981.872
FLUJO DE CAJA	-	2.326.584	301.291	425.795	475.922	529.949	587.883	601.439	601.439	601.439	1.847.585

VPN	413.888 USD
TIR	19,10%
PRC	6 años