

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



**“PROYECTO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION
DE UNA PLANTA DE SULFATO DE MAGNESIO
HEPTAHIDRATADO ”**

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTADO POR:

RONALD RAFAEL CAJA CASTAÑEDA

LIMA – PERU

2008

Agradecimientos:

A la empresa San Miguel Industrial S.A., por brindarme sus instalaciones para la realización de las pruebas experimentales, de manera especial a la Química. Sra. Elizabeth Espinoza Descalzo, Jefa de Laboratorio Químico y al Ing. Julio Buitrón Loli, Jefe de Plantas Químicas, por las facilidades dadas, aliento y apoyo constante.

A mi asesor el Ing. Juan Turriate Manrique, por su dedicación, apoyo y oportunos consejos durante la elaboración del presente trabajo.

Dedicado a :

Mis padres Felipe Jesús y Maria y mi tía Alejandrina,
ejemplos de esfuerzo, fortaleza y perseverancia, por su constante apoyo
y continuo aliento para la culminación del presente trabajo.

INDICE

I.- INTRODUCCION	1
II.- ANTECEDENTES Y OBJETIVO DEL PROYECTO	2
2.1 Importancia y Objetivos del Proyecto	2
2.2 Definición y Propiedades del Sulfato de Magnesio Heptahidratado (SMH)	3
2.3 Principales Usos del SMH	5
2.4 Comportamiento del SMH en los Suelos	6
2.4.1 Comportamiento del Ión Magnesio	6
2.4.2 Comportamiento del Ión Sulfato	8
2.5 Reseña de la Situación Agraria Nacional	11
III.- ESTUDIO DE MERCADO	13
3.1 Definición del Producto	13
3.1.1 Materias Primas	13
3.2 Mercado Objetivo	15
3.3 Análisis de la Oferta	16
3.3.1 Precio del Producto	19
3.4 Análisis de la Demanda	20
IV.- TAMAÑO Y LOCALIZACION	25
4.1 Tamaño	25
4.1.1 Tamaño-Mercado	25
4.1.2 Tamaño-Tecnología.	25
4.2 Localización	25
V.- INGENIERIA DE PROYECTO	27
5.1 Procesos de Producción de SMH	27
5.2 Selección del Proceso	32
5.3 Pruebas Experimentales	34
5.3.1 Análisis de Materias Primas	34

5.3.2 Optimización de la Reacción Química.	36
5.3.2.1 Tiempo Optimo de Adición de Acido Sulfúrico	36
5.3.2.2 Temperatura de Filtración	38
5.3.2.3 Concentración Optima en el Reactor ...	42
5.3.2.4 Aspecto de los Cristales.	43
5.3.3 Prueba de Obtención de SMH a nivel laboratorio ..	44
5.3.4 Prueba Piloto de la Reacción para la Obtención de SMH	46
5.3.5 Prueba Piloto para la Cristalización	48
5.4 Proceso de Producción	49
5.5 Diseño de Equipos	55
5.6 Distribución de Planta	58
5.7 Control de Calidad	60
5.8 Seguridad Industrial	62
VI.- ASPECTOS AMBIENTALES	63
6.1 Metodología Aplicada	63
6.1.1 Componentes Ambientales Considerados	63
6.1.2 Actividades Consideradas dentro del Proyecto	64
6.2 Matrices de Identificación Cualitativa de Potenciales Impactos Ambientales	65
6.2.1 Potenciales Impactos Ambientales Identificados ..	63
6.3 Medidas de Prevención y Mitigación de Potenciales Impactos Ambientales Identificados	69
6.3.1 Fase de Construcción	69
6.3.2 Fase de Operación	69
VII.- EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO	71
7.1 Inversión	71
7.1.1 Capital Fijo	71
7.1.1.1 Inversión Fija Tangible	71
7.1.1.2 Inversión Fija Intangible	71

7.1.2 Capital de Trabajo	75
7.2 Presupuesto de Ingresos y Costos	75
7.2.1 Presupuesto de Ingresos	75
7.2.2 Presupuestos de Costos y Gastos	75
7.2.2.1 Presupuesto de Costos de Producción	78
7.2.2.2 Presupuestos de Gastos Administración y Ventas	78
7.2.3 Costo de Producción	78
7.3 Financiamiento	85
7.3.1 Fuentes de Financiamiento	85
7.3.2 Estructura de Financiamiento	85
7.3.3 Programa de Amortización de la Deuda	86
7.4 Estados Financieros Proyectados	87
7.4.1 Estado de Ganancias y Pérdidas	87
7.4.2 Balance General Proyectado	87
7.4.3 Flujo de Caja Proyectado	87
7.5 Justificación Económica	94
7.5.1 Valor Presente Neto	94
7.5.2 Tasa de Interés de Retorno	94
7.5.3 Relación Beneficio Costo	96
7.5.4 Índice del Valor Presente	96
7.5.5 Periodo de Recupero	96
7.6 Análisis de Sensibilidad	98
 VIII.- ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACION	 101
 IX.- CONCLUSIONES	 102
 X.- RECOMENDACIONES	 104
 XI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	 105

INDICE DE ANEXOS

- ANEXO 1. Método de Análisis de Óxido de Magnesio
- ANEXO 2. Método de Análisis de Acido Sulfúrico
- ANEXO 3. Método de Análisis de Sulfato de Magnesio Heptahidratado.
- ANEXO 4. Espectro de Hidratos de Sulfato de Magnesio
- ANEXO 5. Geometría de Cristal de Sulfato de Magnesio Heptahidratado.
- ANEXO 6. Cuadro de Datos para el tiempo de adición de Acido Sulfúrico.
- ANEXO 7. Cálculos para el Diseño de Equipos
- ANEXO 8. Balance de Masa
- ANEXO 9. Balance de Energía
- ANEXO 10. Balance de Agua.
- ANEXO 11. Especificación Técnica de Decantador Centrifugo.
- ANEXO 12. Especificación para el Diseño de Tanques y Depósitos.
- ANEXO 13. Cotización de Decantador Centrifugo
- ANEXO 14. Cotización de Filtro Prensa.
- ANEXO 15. Tasas de Interés del Programa COFIDE.
- ANEXO 16. Análisis de Simulación en Software Super Pro Designer V.4.7

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Sistema de Riego Tecnificado por Goteo.

FIGURA 2. Pesado de muestras en balanza analítica.

FIGURA 3. Determinación de contenido de magnesio en Titulador Automático.

FIGURA 4. Determinación de Humedad del SMH.

FIGURA 5. Determinación de Contenido de insolubles.

FIGURA 6. Reacción en laboratorio para la obtención del SMH.

FIGURA 7. Estufa para Determinación de Humedad en Oxido de Magnesio.

INDICE DE ABREVIATURAS

ABS : Acrilonitrilo Butadieno Estireno

LMP : Limite Máximo Permitido.

SMH : Sulfato de Magnesio Heptahidratado.

NPK : Nutrientes principales de los cultivos conformados por: Nitrógeno,
Potasio y Fósforo.

LIBOR: (London Inter-bank offer rate). Tasa de interés ofrecida por los bancos
de Londres.

GLOSARIO DE TERMINOS

Sal de Epsom: Nombre común con el que conocida el Sulfato de Magnesio Heptahidratado, debido que fué en la ciudad de Epsom, Inglaterra, donde por primera se encontró esta sal en las aguas minerales.

Diagrama de Fase: Es la representación gráfica de las fronteras entre diferentes estados de la materia de un sistema, en función de variables elegidas para facilitar el estudio del mismo.

Micronutriente: Es un nutriente especial que necesitan los seres vivos en cantidades muy pequeñas para realizar las funciones bioquímicas celulares necesarias para la supervivencia.

Análisis Foliar: Se refiere al análisis cuantitativo de los nutrientes esenciales en los tejidos de la planta. El análisis de suelo y el análisis foliar son técnicas que van de la mano.

Aminoácido: Es una molécula que contiene un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂) libres. Existen aproximadamente 20 aminoácidos distintos componiendo las proteínas.

Enzima: Son sustancias de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas siempre que sea termodinámicamente posible. En estas reacciones, las moléculas sobre las que actúa la enzima en el comienzo del proceso son llamadas sustratos, y estas los convierten en diferentes moléculas, los productos.

Estoma: Se denominan así a los pequeños poros de las plantas localizadas en la superficie de sus hojas. Consta de dos grandes células de guarda u oclusivas rodeadas de células acompañantes.

Fotosíntesis: Consiste en una serie de procesos mediante los cuales las plantas, algas y algunas bacterias captan y utilizan la energía de la luz para transformar la materia inorgánica de su medio externo en materia orgánica que utilizarán para su crecimiento y desarrollo.

Lluvia Acida: La lluvia ácida se forma cuando la humedad en el aire se combina con el óxido de nitrógeno y el dióxido de azufre emitidos por fábricas,

centrales eléctricas y vehículos que queman carbón o productos derivados del petróleo.

Páprika: Llamado también morrón o pimienta se consumen en diferentes preparaciones y se emplean como base para colorantes en alimentos y cosméticos.

Vid: Es una planta trepadora de la familia de las vitáceas, con tronco retorcido, vástagos nudosos y flexibles, hojas alternas, pecioladas, grandes y partidas en cinco lóbulos puntiagudos, flores verdosas en racimos, y cuyo fruto es la uva.

Magnesita: Es la forma más común del carbonato de magnesio como sal anhidra

Dolomita: Es un mineral compuesto de carbonato de calcio y magnesio $[\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2]$. Abunda en la naturaleza en forma de rocas dolomíticas y se utiliza como fuente de magnesio

Riego Tecnificado: Es un sistema de aporte controlado de nutrientes con el agua de riego de los cultivos. Para tal efecto se emplean nutrientes de fácil solubilidad en agua.

RESUMEN

Se presenta un estudio de prefactibilidad detallado para la instalación de una planta de producción de Sulfato de Magnesio Heptahidratado grado técnico, destinado esencialmente para su empleo como micronutriente en la agricultura bajo el sistema de riego tecnificado. Siendo los productos de agro exportación, los que demandan grandes cantidades de este producto.

Se señala su importancia, propiedades y características, además de la recopilación de información estadística para la elaboración del estudio de mercado, dimensionando la planta acorde al requerimiento del mismo. Se realizan pruebas experimentales de optimización y caracterización del proceso para la obtención de un producto con las cualidades requeridas para su empleo en los cultivos, detallándose el diseño de equipos y los principales métodos analíticos requeridos para garantizar un adecuado control de calidad. El proceso de producción es basado en la reacción química entre el óxido de magnesio y el ácido sulfúrico. Consta de las siguientes etapas: carga de materias primas, reacción, filtración, cristalización y centrifugación.

Se analizan los potenciales impactos ambientales que conlleva la ejecución del proyecto, planteándose las principales medidas para atenuar estos efectos. Se realiza una detallada evaluación económico-financiera y se plantea un esquema de organización compacto para la administración del proyecto.

Se concluye, de los indicadores de rentabilidad, en un proyecto viable, el cual deba aprovechar el mercado en pleno desarrollo, dada las tendencias actuales de maximizar el ahorro del agua en los cultivos. Así mismo el proceso de producción se presenta simplificado y de fácil implementación, con equipos que pueden ser fabricados localmente.

I. INTRODUCCION

El presente trabajo, trata sobre la instalación de una planta para la producción de SMH conocida comúnmente como Sal de Epsom, la cual es consumida en mayores cantidades en la agricultura, cumpliendo la función de micro nutriente efectivo. El consumo del SMH en los últimos años se ha venido incrementando considerablemente en el país ante el continuo mejoramiento de las técnicas de cultivo, específicamente con el empleo del riego tecnificado, con lo que se mejora considerablemente la productividad de las tierras.

El Magnesio es uno de los elementos ampliamente distribuidos en la corteza terrestre ocupando el 1,9 % y viene a ser el único constituyente mineral de la molécula de la clorofila. El presente proyecto plantea la factibilidad de la instalación de una planta de producción de SMH para cubrir la demanda interna en una primera etapa, para posteriormente ir en busca de mercados externos.

La producción a gran escala, se realiza principalmente teniendo como materia prima al óxido de magnesio obtenido a partir del agua de mar, a través de un proceso de separación de varias etapas. Otra fuente muy usada es el óxido de magnesio, obtenido a partir del procesamiento de piedras calizas, empleándose para su procesamiento elevadas temperaturas de trabajo.

El proceso sugerido es a partir de la reacción del óxido de magnesio con el ácido sulfúrico, reacción altamente exotérmica, la cual luego de un proceso de filtración, cristalización y centrifugación se logra obtener un producto de alta pureza, apropiado para ser aplicado en los cultivos.

II. ANTECEDENTES DEL PROYECTO

2.1 Importancia y Objetivos del Proyecto

El consumo de sulfato de magnesio heptahidratado (SMH) en el país, se ha venido realizando a través de la importación realizada de diversos países como: China, Holanda, Alemania y Chile. Ante la demanda creciente en los últimos años, el consumo de este producto ha ido creciendo de manera exponencial, pero ante la existencia de un descontento ante los costos elevados y la poca calidad del producto debido al alto porcentaje de cloruros (nocivo para los cultivos), ha impulsado a que se instalen en el país pequeñas empresas de producción de sulfato de magnesio, pero con poca inversión en tecnología, las cuales tienen como materia prima el óxido de magnesio de origen minero y el ácido sulfúrico, lo que permiten la obtención de un producto de calidad.

Los principales objetivos que se plantean con el presente proyecto son:

- Contribuir con el desarrollo y diversificación de la industria nacional, con la fabricación de productos de valor agregado. Así como contribuir con la generación de empleo y captación de divisas para el país.
- Realizar un proyecto coherente y realista que cubra la demanda interna, con un producto de alta calidad y a un bajo costo, diversificando la actual oferta de fertilizantes con la proyección a corto plazo de satisfacer la demanda exterior, teniendo en consideración que ya esta en ejecución la explotación de fosfatos en Bayovar. Adicionalmente se sabe que existe un proyecto pendiente para la producción de amoniaco con fines industriales a partir del gas de Camisea y con ello el desarrollo de los fertilizantes nitrogenados como la urea. Con la ejecución de estos proyectos, el país estará en capacidad de satisfacer gran parte de su demanda

interna de fertilizantes, tanto simples como de mezclas compuestas, y con capacidad de exportar el excedente de producción.

- Ofrecer un producto competitivo, contribuyendo al desarrollo de la agricultura, captando la demanda insatisfecha creciente en el mercado interno y externo.

2.2. Definición y Propiedades del Sulfato de Magnesio

El Magnesio participa activamente en el proceso fotosintético, así como en la síntesis de las xantofilas y carotenos, es también activador de enzimas que intervienen en el metabolismo de carbohidratos y proteínas, es absorbido por las plantas en forma de iones Mg^{+2} por vía foliar y radicular, por lo cual es suministrado preferentemente en su forma mas soluble como sulfato de magnesio acuoso, aportando a la vez azufre en forma de sulfato, también requerida por la planta en su etapa de desarrollo. Su aplicación no genera cambios considerables en la acidez del suelo.

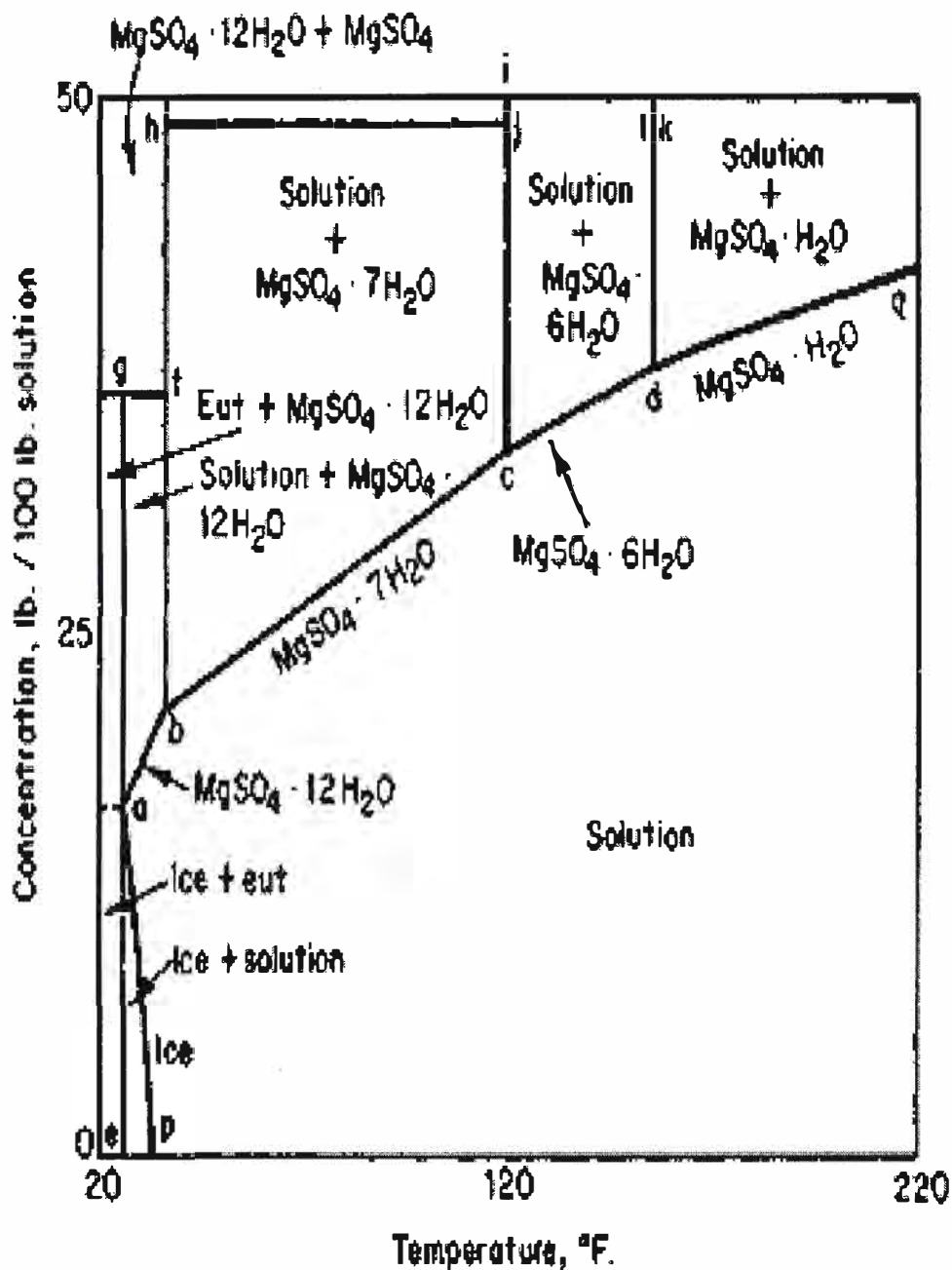
El SMH se presenta en forma de cristales monoclinico y rómbico. La forma rómbica es la fase sólida estable en solución acuosa a temperaturas normales y corresponde a la "epsomita mineral". La forma monoclinica inestable cristaliza por debajo de 21 °C, en determinadas condiciones es mas soluble que en forma rómbica. Las relaciones de solubilidad del sistema $MgSO_4-H_2O$ son muy complejas en virtud de las numerosas fases meta estables y lentos ajustes de equilibrio. Los espectros de estos cristales se presentan en el Anexo 4. En virtud de los hidratos a formar soluciones sobre enfriadas y soluciones saturadas meta estables, varios hidratos pueden coexistir en equilibrio con la solución acuosa a diversas temperaturas.

El $MgSO_4 \cdot 6H_2O$ es la fase estable solamente entre 48,0 y 67,5 °C y meta estable en los otros puntos. El $MgSO_4 \cdot H_2O$ (Kieserita) es estable por encima de 67,5 °C y su solubilidad disminuye desde 56,6 g de $MgSO_4$ por 100 g de agua a 67,5 °C a 8,5 g a 170 °C y 1,9 g a 195 °C.

Es muy probable que el sulfato de magnesio este incompletamente disociado en solución acuosa. El sulfato anhidro no puede obtenerse en una

solución, sino por deshidratación de uno de los hidratos a 250 °C. A 1100 °C la disociación en óxido de magnesio, oxígeno, anhídrido sulfuroso y anhídrido sulfúrico es completo al cabo de unas cuantas horas.

Figura № 1: Diagrama de Fases del Sistema $\text{MgSO}_4 - \text{H}_2\text{O}$



La línea "p-a" representa el punto de congelamiento del agua de la solución de sulfato de magnesio, donde "a" es un punto eutéctico. Las líneas "a-b-c-d" representan la curva de solubilidad de los diferentes hidratos. La línea "a-b" representa la curva de solubilidad del $\text{MgSO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. La línea "b-c" representa la curva de solubilidad del $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. La línea c-d representa la curva de solubilidad del $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Finalmente la línea "d-q" representa una porción de la curva de solubilidad del $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, cuya fase aparece a partir de los 150 °F. De todas la formas cristalinas del sulfato de magnesio la mas estable es la de $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ya que se encuentra a temperatura ambiente.

2.3 Principales Usos del SMH

EL SMH tiene diversas aplicaciones entre los principales podemos mencionar los siguientes:

- En la agricultura, como micro nutriente efectivo en una amplia variedad de cultivos. Es considerado el quinto elemento en importancia como nutriente de las plantas, detrás del nitrógeno, fósforo, potasio y azufre.
- En la industria química como espesante del ácido sulfónico en la fabricación de detergentes.
- En la industria de cosméticos como parte de la formulación de lociones.
- En la industria textil como agente acondicionador en composiciones para el acabado de tejidos de algodón y lana, y como mordiente para teñir lana de ciertos colores básicos.
- En la industria del calzado, como agente de curtición e impermeabilizante de suelas de cuero.
- En la industria del plástico, para la fabricación del ABS, como agente coagulante.
- En la industria de explosivos, como retardante de detonadores.
- En medicina, como laxante salino, en tratamiento del estreñimiento, así como anti inflamatorio, en forma de compresas al 5 %.

De las aplicaciones indicadas, el empleo del SMH como micro nutriente en la agricultura, es la que representa la mayor demanda de consumo en el país. Siendo la pureza requerida en grado técnico (98% mínimo), la cual se consigue con un proceso de producción por lotes simplificado y con volumen de producción fácilmente manejable.

2.4 Comportamiento del SMH en los Suelos

El SMH es dosificado a las tierras de cultivo en solución acuosa, principalmente en los sistema de riego tecnificado. En medio acuoso se disocia en los iones magnesio y sulfato, el aporte de estos nutrientes se describe a continuación.

2.4.1 Comportamiento del Ion Magnesio Mg^{+2} ⁽³⁾

El magnesio disponible en el suelo esta en forma cambiable y/o hidrosoluble. Las proporciones aproximadas en las plantas varían entre 0,05 - 0,70 % en base al peso seco, cuando la concentración en hojas maduras se encuentra entre 0,20 - 0,25 %, la planta no muestra síntomas de deficiencia de magnesio. Cuando se hace un análisis foliar para diagnosticar la deficiencia de magnesio, es importante conocer el tejido muestreado, la edad y su posición en la planta.

Su comportamiento sigue los mismos principios generales que el calcio y el potasio. La absorción del magnesio por las plantas depende de la cantidad presente, del grado de saturación del magnesio, de la naturaleza de otros iones cambiables y del tipo de barro. Al igual que el potasio, pero quizá en menor extensión, el magnesio puede hallarse en los suelos en forma algo lentamente disponible, en las que se halla en equilibrio con el magnesio cambiable. La formación de estas formas relativamente no disponibles en suelos ácidos seria favorecida por la presencia de grandes cantidades de compuestos de magnesio soluble y de barros.

Presumiblemente podría haber un atrapamiento de los iones de magnesio entre las láminas de expansión y contracción de mineral. Tal

condición ha sido postulada, pero la extensión en que esto se verifica no es conocida actualmente.

Los suelos de textura gruesa de las regiones húmedas son aquellos en los que la deficiencia de magnesio se manifiesta por regla general. Estos suelos contienen normalmente tan solo pequeñas cantidades de magnesio cambiante, condición que se agrava por la adición de grandes cantidades de sales fertilizantes que contienen poco o nada de este elemento. El magnesio en estos suelos es liberado por cambio iónico cuando se añaden estos fertilizantes. Las grandes cantidades de cloruros y sulfatos favorecen su eliminación en las aguas de precolación. En este tipo de suelos el uso de materiales de alto contenido en calcio puede dar como resultado un desfavorable equilibrio calcio-magnesio y un desarrollo consecuente de síntomas de deficiencia de magnesio en ciertos cultivos en crecimiento sobre estos suelos.

En suelos de textura fina y suelos de regiones áridas, la deficiencia de magnesio no representa mayor problema. En ciertas localidades semiáridas los compuestos de magnesio pueden actualmente ser precipitados en el perfil del suelo. Allí puede ser también que haya grandes cantidades presentes y que este elemento sea tóxico para las plantas. Las pérdidas de magnesio del suelo son, en general, menores que las de calcio; estimándose que las cosechas extraen entre 10 - 60 kg por hectárea cosechada.

Un problema común asociado con la deficiencia de magnesio es que se desarrolla en algunos suelos por una proporción de potasio cambiante a magnesio cambiante que es demasiado amplia. Los animales que se alimentan de forraje procedente de tales suelos pueden sufrir de Hiper magnesemia, una enfermedad conocida como "tambaleamiento" o tetania del pasto. Esto parece ser peor en pastos ricos en hierba que en aquellos que contienen una buena proporción de trébol. Ello es agravado ulteriormente con la adición de altas proporciones de fertilizantes potásicos cuando el nivel de magnesio en el suelo es bajo, y combinado con la tendencia de la hierba para absorber los cationes monovalentes en una extensión mayor que los cationes divalentes; aumenta probablemente la proporción ya amplia en el suelo de potasio-magnesio. El resultado es la

ingestión por los animales que pastan de un forraje anormalmente pobre en magnesio.

Los síntomas de deficiencia de magnesio en las plantas se pueden resumir en los siguientes puntos:

- Pérdida general del color verde, comenzando por la base y después tallo arriba. Las venas de las hojas permanecen de color verde.
- En el caso de las hojas de algodón, estas toman un color rojo purpúreo entre las venas verdes.
- Tallos débiles con varias ramificaciones en las raíces.
- En el caso del maíz y otros cultivos, se presentan una serie de rayas claramente definidas de color amarillento, amarillo claro o blanco en toda la hoja.
- Las hojas se tuercen hacia arriba a lo largo de los bordes.

2.3.2 Comportamiento del Ion Sulfato SO_4^{-2} (⁴)

Desde mucho tiempo atrás se sabe que los sulfatos son necesarios para el crecimiento vegetal. El ión sulfato es absorbido con facilidad por las plantas, siendo este la principal fuente de azufre, el cual luego es reducido e incorporado a compuestos orgánicos al interior de la misma.

La proporción aproximada de azufre en las plantas varía entre 0,05 - 1,50 % en base al peso seco. Plantas de naranjo con cantidades entre 0,05 - 0,13% en hojas mostraban deficiencias, mientras que plantas con cantidades entre 0,23 - 0,26% en hojas se presentaban sanas. El contenido de azufre en acículas de *Pinus caribacea* que crecía en soluciones nutritivas completas fue de 0,45%, mientras que las plantas con síntomas de deficiencia mostraban una concentración de 0,08%.

Gran parte del azufre funcional de la planta se reduce a las formas sulfhidrilo (-SH) o disulfuro (-S-S-). El azufre se encuentra bajo las formas orgánicas de los aminoácidos, cisteína, cística y metionina, así como en compuestos de azufre activados análogos al ATP, adenosina 5'-fosfosulfato (APS) y 3'-fosfoadenosina 5'-fosfosulfato (PAPS). Además, el azufre se encuentra en una variedad de esteres de sulfato, tales como el sulfato de

colina, glicósidos del aceite de mostaza y sulfatos de polisacáridos. El azufre participa como un ligando en un gran número de enzimas y metalo-proteínas, de forma resaltante en ferro-sulfo-proteínas y en cupro-proteínas.

El grupo sulfhidrilo (-SH) puede participar directamente en reacciones de óxido-reducción, como en el ácido lipoico. Los grupos sulfhídricos pueden ser sitios reactivos de enzimas o coenzimas, ejemplo: 3-fosfogliceraldehido deshidrogenasa y coenzima A. Muchas enzimas son inhibidas de forma no-competitiva por reactivos que se unen a los grupos sulfhidrilos, ejemplo: Pb, Hg, As y Ag. El azufre en forma reducida se encuentra en los anillos heterocíclicos de algunas coenzimas, como tiamina o bioheterocíclicos de algunas coenzimas, como tiamina o biotina y en una cantidad de metabolitos secundarios como la sinigrina de *Brassica nigra*, que contiene azufre en forma reducida y oxidada o la alicina, la sustancia olorosa del ajo y el factor causante de lagrimeo en la cebolla.

La deficiencia de azufre se caracteriza porque la lámina foliar se torna uniformemente amarilla o clorótica; presentándose la deficiencia primeramente en hojas jóvenes, ya que este elemento no se redistribuye fácilmente de las hojas viejas hacia las maduras, por ser inmóvil. En plantaciones de té, en Malawi se identificó una enfermedad llamada "amarillamiento del té", causada por deficiencias de azufre. Las plantas presentaban hojas jóvenes cloróticas, finalmente se ponían amarillas, los bordes y los ápices foliares se volvían necróticos y se enrollaban. Se producía una muerte del ápice, seguida por una rápida defoliación.

Las deficiencias de azufre en países industrializados son muy raras; ya que el dióxido de azufre (SO₂) de la atmósfera, liberado al quemar carbón, madera, gasolina y otros combustibles fósiles, es absorbido por las hojas a través de las estomas. El dióxido de azufre se convierte en bisulfito de azufre cuando reacciona con agua en las células y en esta forma inhibe la fotosíntesis, destruyendo los cloroplastos. En la parte Este de los Estados Unidos, las plantas son dañadas por las "lluvias ácidas", causadas por dióxido de azufre que se escapa de las industrias. El dióxido de azufre absorbido, se convierte en iones sulfato en la planta. Se ha estimado en las precipitaciones

Figura № 1: Sistema de Riego Tecnificado por Goteo



de numerosos países cantidades de azufre que oscilan entre 2,7 a 260 kg de azufre por hectárea al año.

2.4 Reseña de la Situación Agraria Nacional

La Cordillera de los Andes atraviesa al país longitudinalmente de Sur a Norte por lo que se encuentra dividido por tres regiones naturales que son la Costa, Sierra y Selva. Del total de área cultivada en el Perú (2 500 000 hectáreas), el 35 % se encuentra localizada en la Costa, el 58 % en la Sierra y 7 % en la Selva.

La agricultura peruana es muy variada, caracterizándose por la diversidad de climas, topografía, suelos, etc. La región costa se caracteriza por presentar vastas extensiones desérticas con altitudes de 0 a 1 500 m.s.n.m., conformada por 52 valles de los que poco son los que cuentan con disponibilidad de agua suficiente y permanente. La región Sierra, comprende una amplia región montañosa, con altitudes superiores a los 4 000 m.s.n.m. y algunos valles con altitudes de 1 500 a 3 000 m.s.n.m, variando el clima desde templado a glacial, con una estación de lluvias muy marcada de noviembre a abril. La Selva es una región tropical con dos zonas diferenciadas, la selva baja o llanura amazónica y la selva alta en altitudes entre 500 y 1 500 m.s.n.m., en esta región la temperatura es elevada, el régimen de lluvia abarca la mayor parte del año y las precipitaciones son abundantes (¹).

En el ámbito de los fertilizantes actualmente la importación y comercialización de ellos se realiza a través de empresas privadas, las cuales se encuentran ofertando una gran variedad de fertilizantes simples a base de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). En los últimos años se ha iniciado la incorporación al mercado de productos con valor técnico, es decir adicionando a las mezclas NPK otros micro nutrientes, así como fertilizantes de especialidad para sistema de riego moderno (fertirrigación), dentro de los cuales está incluido el SMH.

A través de la fertirrigación, se proporciona los elementos nutritivos que precisan los cultivos, junto con el agua de riego, mejorando

sustancialmente el rendimiento en las cosechas. Emplea el agua como vehiculo al estar los elementos nutritivos disueltos en la misma. Es aplicada la fertirrigación principalmente mediante el sistema de riego por goteo.

Actualmente el Gobierno, esta favoreciendo la incorporación de tierras al sistema de riego tecnificado, dada su importancia en el uso racional de agua y la optimización en el empleo de fertilizantes de acuerdo al tipo de cultivo.

III. ESTUDIO DE MERCADO

3.1 Definición del Producto

El SMH en cristales, es conocido comúnmente como Sal de Epsom, de fórmula química $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ y de peso molecular 246,3, el cual se encuentra en estado cristalino en forma estable rómbica y forma inestable monoclinica.

La principal aplicación del producto grado técnico es como fertilizante para los cultivos, soluble en agua y apropiado para su aplicación en la Fertirrigación y aplicaciones foliares para los diferentes cultivos. Es fuente importante de magnesio y azufre de alta solubilidad, libre de materiales inertes o ingredientes indeseables para los cultivos. A continuación, se detallan las especificaciones técnicas del producto:

Cuadro № 1: Especificaciones Técnicas del SMH

Característica	Expresión	Especificación
SMH	$MgSO_4 \cdot 7H_2O$, %	98,0 mínimo.
Sulfato Anhidro	$MgSO_4$, %	48,0 mínimo
Magnesio	Mg, %	9,5 mínimo
Insolubles en agua	%	0,5 máximo
Plomo	Pb, %	0,001 máximo
Hierro	Fe, %	0,05 máximo
Cloro	Cl-, %	0,05 máximo

3.1.1 Materias Primas

3.1.1.1 Óxido de Magnesio

El óxido de magnesio es suministrado por empresas importadoras de productos químicos, o por importación directa de países como China, México, Colombia, etc. Las fuentes de origen son en su mayor parte a partir del agua de mar y extracciones mineras. La oferta de este

insumo es amplia, lo cual garantiza un continuo abastecimiento durante todas las épocas del año. Las calidades son variadas, por lo que luego de un estudio de las propiedades se ha determinado la siguiente especificación técnica para el producto:

Cuadro Nº 2: Especificación Técnica del Oxido de Magnesio

Característica	Expresión	Especificación
Magnesio	MgO, %	90,0 mínimo
Hierro	Fe ₂ O ₃ , %	0,3 máximo
Calcio	CaO, %	1,0 máximo
Cloro	Cl-, %	0,02 máximo
Humedad	H ₂ O, %	1,0 máximo
Insolubles en Agua	%	7,0 máximo
Pérdidas x Calcinación	%	1,5 máximo

3.1.1.2 Acido Sulfúrico

Producto químico, altamente corrosivo, comercializado comúnmente en grado técnico al 98% de pureza. Su comercialización es controlada en el país por DINANDRO, debido a que este es un insumo empleado también en la fabricación de estupefacientes. Es suministrada por empresas de gran prestigio y vasta experiencia en la producción de este insumo esencial para la industria química, tales como Doe Run, Cajamarquilla, etc. El transporte y manipulación del producto requiere especial cuidado

Las especificaciones técnicas requeridas son las siguientes:

Cuadro Nº 3: Especificación Técnica del Acido Sulfúrico

Característica	Expresión	Especificación
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄ , %	98,5 mínimo
Fierro	Fe, ppm	50,0 máximo
Densidad (28°C)	g / cm ³	1,82 – 1,84

3.1.1.3 Agua Dura

Denominada así al agua potable o a la extraída del subsuelo, controlado en la ciudad por Sedapal. Se le denomina “dura” debida al contenido de sales principalmente de calcio y magnesio. Las especificaciones técnicas para su empleo en el proceso son las siguientes:

Cuadro № 4: Características del Agua

Característica	Expresión	Especificación
Conductividad	$\mu\text{S} / \text{cm}$	1000 - 1100
Sólidos tot. disueltos	ppm	630 - 690
Dureza	ppm CaCO_3	500 máximo
pH		6 – 8

3.2 Mercado Objetivo

El mercado objetivo esta conformado por todos los productores agrícolas del país, en sus tres regiones, en cuyas plantaciones es requerido el SMH entre otros nutrientes para mejorar el rendimiento de sus cosechas, optimizando el uso de recursos a través del riego tecnificado, específicamente a través del riego por goteo. Es un mercado aun en etapa de desarrollo que involucra una labor de campo intensiva. En este aspecto es de necesidad prioritaria elaborar un cronograma de capacitación y orientación técnica a los agricultores y propietarios de terrenos agrícolas, con el fin de darles los conocimientos necesarios para mejorar el rendimiento y productividad de sus tierras.

En una siguiente etapa, se buscara promover las ventas al mercado exterior, donde el producto es conocido como un nutriente efectivo en determinados cultivos, así como promover las ventas de otros fertilizantes compuestos, ofreciendo paquetes de asistencia técnica, acompañado de personal altamente calificado en el sector.

3.3 Análisis de la Oferta

La oferta actual en el mercado de fertilizantes, que se consideran entre los principales productos tales como (Urea, Sulfato de Potasio, Sulfato Doble de Sulfato Magnesio Potasio, Superfosfato de Potasio) se ha cubierto hasta la actualidad principalmente de las importaciones. Esto debido a la carencia de materias primas y a los altos costos de producción requeridos, por lo que nuestra industria de fertilizantes ha venido decayendo en los últimos años, tal como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 5: Oferta de Fertilizantes

AÑO	PRODUCCION (t)	IMPORTACION (t)	OFERTA TOTAL (t)
2 000	21 590	494 163	515 753
2 001	14 462	646 690	661 152
2 002	9 964	622 657	632 621
2 003	12 945	666 794	679 739
2 004	15 973	694 651	710 624
2 005	3 746	663 215	666 961
2 006	6 627	746 243	752 870

Fuente: Ministerio de Agricultura, Estadística Agraria Mensual 2000-2006

En lo que respecta al SMH, este ocupa solo un pequeño porcentaje de los fertilizantes requeridos, ya que es considerado como un micro nutriente. Sin embargo, su demanda en los últimos años se ha venido incrementando, considerándose como un mercado aun en etapa de desarrollo, y atractivo para los inversionistas locales. El país se abastecía de este producto únicamente a través de las importaciones, para cubrir la demanda local. Recién desde el año 2003 inicio la producción a gran escala la empresa Reactivos Mineros S. A., captando un gran porcentaje del mercado, sustituyendo paulatinamente las importaciones. Reactivos Mineros venia produciendo SMH desde el año 2 001, pero ofreciendo en una primera etapa un producto de baja calidad, y a un precio elevado, por lo que no competía con el producto importado.

El insumo esencial para la producción del SMH es el óxido de magnesio, insumo que es importado. El óxido de magnesio también presenta

otros usos en diferentes tipos de industrias. A continuación se presenta el cuadro de importaciones realizadas en el periodo 2 006 detallada por empresas importadoras.

Cuadro Nº 6: Importaciones de Óxido de Magnesio en el 2 006

IMPORTADOR	CANTIDAD (kg)	PORCENTAJE
Reactivos Mineros S.A.C.	578 760,00	39,69
Refractarios y Crisoles S.A.	364 000,00	24,96
Agrícola Athos S.A.	260 000,00	17,83
Sucesión Canti Díaz de la Vega Alberto	71 995,00	4,94
Ferrosalt S.A.	68 820,00	4,72
Minlab Suplí S.A.C.	42 360,00	2,91
Comercial Líder S.A.	20 266,00	1,39
Industria Refractarias S.A.	13 000,00	0,89
Química Hispana S.A.	12 400,00	0,85
Comercial Conte S.A.C.	5 600,00	0,38
Duquímica S.A.	4 535,92	0,31
Otros	16 427,83	1,13
TOTAL (kg)	1 458 164,75	100,00

Fuente: SUNAT-Aduanas

Otro insumo requerido para la fabricación del SMH es el ácido sulfúrico, cuyo mercado en los últimos años se ha mantenido estable, sin mayores fluctuaciones. En el cuadro Nº 7 se puede observar los volúmenes de producción en el país en los últimos años.

Cuadro Nº 7: Producción de Acido Sulfúrico

AÑO	PRODUCCION (t)
2 000	594 170
2 001	623 295
2 002	574 478
2 003	633 442
2 004	661 288
2 005	638 539
2 006	642 356

Fuente: Ministerio de la Producción

Durante el año 2004, la cantidad ofertada de SMH por las empresas importadoras fue de 835 709,06 kg provenientes de países tales como China y Holanda, ofreciendo un producto que tenía como fuente de origen de magnesio al agua de mar, por consiguiente un contenido elevado de cloruros en su composición. Para uso agrícola, los cloruros son nocivos durante la etapa de crecimiento de las plantas, por lo que la compañía nacional Reactivos Mineros mejoro considerablemente la calidad de su producto que tiene como fuente al óxido de magnesio de origen minero, capturando la demanda creciente descontenta con el producto importado, con un porcentaje adicional proyectado para el mercado externo, exportando en este periodo de 471 376,72 kg. Las proyecciones para este mercado en la actualidad son bastante prometedoras, ante el constante incremento de la demanda, la cual es promovida por el riego tecnificado o fertirrigación, lo cual trae grandes beneficios a los agricultores con mayores volúmenes de producción de sus tierras.

Las importaciones y exportaciones del SMH registradas hasta la actualidad se presentan en los cuadros Nº 8 y Nº 9:

Cuadro Nº 8: Importaciones de SMH

AÑO	CANTIDAD (t)
1999	79,2
2000	270,6
2001	403,2
2002	2 114,1
2003	1 217,8
2004	766,5
2005	68,1
2006	n.d.

Fuente: SUNAT-Aduanas

Cuadro Nº 9: Exportaciones de SMH

AÑO	CANTIDAD (t)
2000	1,0
2001	24,0
2002	87,7
2003	273,9
2004	486,4
2005	681,2
2006	1 158,0

Fuente: SUNAT-Aduanas

3.3.1 Precios del Producto

Desde el año 2004 los precios de venta del SMH han sufrido incrementos progresivos, tal como se puede apreciar en el cuadro adjunto.

Cuadro Nº 10: Precios Promedio del SMH

PERIODO	PRECIO (US\$/t)
2004 1er. Semestre	125
2004 2do. Semestre	135
2005 1er. Semestre	150
2005 2do. Semestre	160
2006 1er Semestre	180
2006 2do. Semestre	220
2007 1er. Semestre	250
2008 1er. Semestre	330

Es notable apreciar el incremento del precio de venta del 100% desde el año 2004 hasta el 2007, esto debido básicamente al continuo incremento de la demanda de SMH, debido a la introducción acelerada del sistema de riego tecnificado en el país como en el mundo. Este aumento de precio es aun mas acentuado durante el ultimo año, el cual se ha debido principalmente al incremento del precio del óxido de magnesio, insumo esencial para la fabricación del SMH, esto es debido a las restricciones arancelarias a las exportaciones del gobierno de China, principal país productor.

3.4 Análisis de la Demanda

Las cantidades requeridas en el mercado local, son aun inciertas, dado que no existe un programa nacional de cultivo, siendo el estudio de factibilidad técnico-económica de cultivos de alta necesidad, para que el agricultor pueda escoger el cultivo de mayor demanda y el que más se adapte a su localidad. Dado que en el país esta conformado por empresarios del sector agrícola poseedores de grandes parcelas de cultivo, bien asesorados y concientes de elevar constantemente la productividad de sus tierras, respaldados por entidades financieras. Y a su vez en contraparte, se encuentran miles de pequeños agricultores, de bajos recursos, cuyos cultivos apenas reciben apoyo de personal calificado excepcionalmente, siendo la agricultura su única fuente de sustento, registrando un pequeño porcentaje de inversión en mejora de su productividad y un escaso o nulo apoyo de entidades financieras.

Las cantidades requeridas de SMH, varían de acuerdo a múltiples factores. En el país el empleo de este nutriente esta orientado principalmente a los productos de agro exportación. Para estimar la demanda interna se toma las siguientes consideraciones:

- Los cultivos considerados son esencialmente los de agroexportación, tales como: el espárrago, mango, páprika, mandarina, vid, palta, pimiento, alcachofa y lima.
- Los cultivos mencionados emplean el sistema de riego tecnificado.
- El principal cultivo donde se emplea el SMH, es el espárrago, con más 50% de participación del volumen de producción.
- Debido a la complejidad de las dosis de SMH aplicada a cada uno de los cultivos, las cuales dependen entre otras variables, del tipo de suelo, sistema de riego, campañas de siembra realizadas, tipo de cultivo, periodo estacional, entre otras consideraciones, se toma como referencia la dosis de SMH empleada en el espárrago, para estimar los requerimientos de SMH en los demás cultivos.

- Se toma de referencia el promedio nacional de rendimiento de cultivo de 7 t/ha, siendo la dosis media aplicada de 61,5 kg de SMH por hectárea cultivada.

En base a las consideraciones mencionadas, se elabora el siguiente cuadro resumen para la estimación de la demanda interna, basada solo en los cultivos indicados.

Cuadro Nº 11: Estimación de la Demanda Interna

CULTIVO	PRODUCCION 2 006 (t)	Porcentaje (%)	Demanda (t x año)
Espárrago	259 954	55	2 284
Mango	62 537	13	549
Páprika	53 709	11	472
Mandarina	32 738	7	288
Vid	21 772	5	191
Palta	20 949	4	184
Pimiento	18 205	4	160
Alcachofa	1 328	0	12
Lima	450	0	4
TOTAL	471 643	100	4 144

Fuente: Estadística Agraria Mensual 2006, Instituto Peruano de Espárrago y Hortalizas

Tomando como referencia el valor total de demanda actual de 4 144 t/año, se estima las proyecciones de demanda futura en base a la variación de producción de espárrago, La tabla de estos datos se presenta en el Cuadro Nº 12.

Se estiman las demandas en los próximos años, previéndose un incremento por unos años mas para luego mantener el nivel de producción. Se espera iniciar el proyecto con una participación del 30% del mercado, para luego ir progresivamente incrementando hasta obtener el 60% del mercado local, obteniendo ventas por 3079 t/año. Los datos se presentan en el Cuadro Nº 13.

Cuadro Nº 12: Producción de Espárrago

AÑO	PRODUCCION (t)
1 996	127 598
1 997	144 654
1 998	137 943
1 999	174 863
2 000	168 356
2 001	181 533
2 002	183 104
2 003	189 601
2 004	192 533
2 005	206 026
2 006	259 954
2 007	283 473

Fuente: Instituto Nacional de Estadística

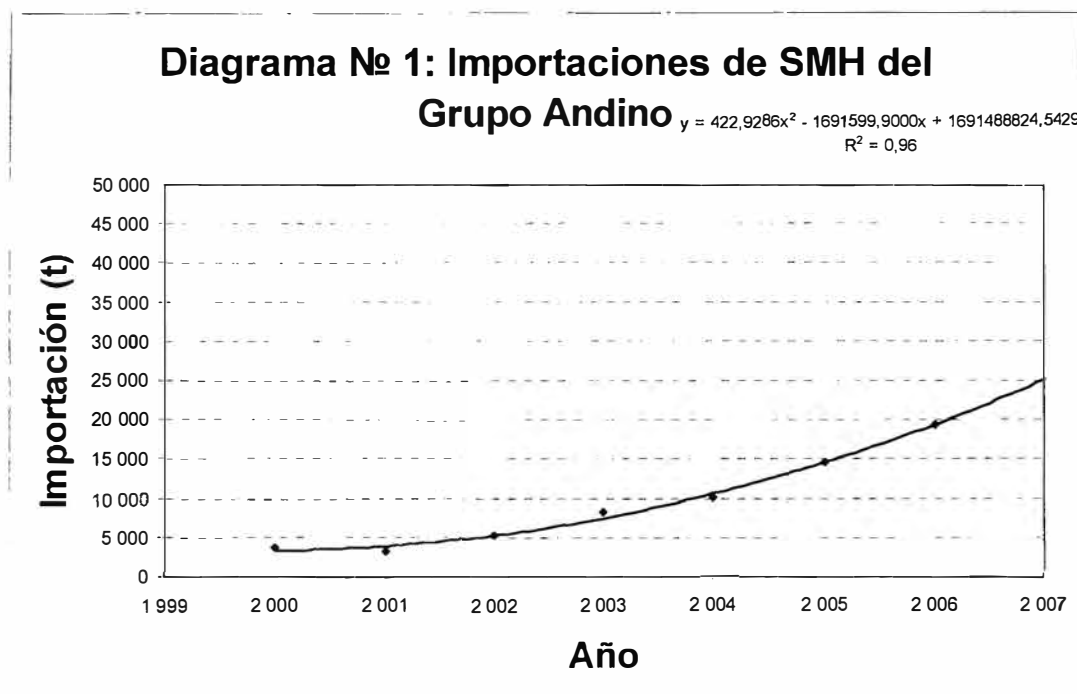
Cuadro Nº 13: Estimación de la Demanda del Mercado Interno

AÑO	MERCADO INTERNO		
	Demanda Estimada(t)	% Participación	Producción Est.(t)
2 009	4 800	35	1 680
2 010	4 949	45	2 227
2 011	5 095	50	2 548
2 012	5 095	55	2 802
2 013	5 095	60	3 079
2 014	5 095	60	3 079
2 015	5 095	60	3 079
2 016	5 095	60	3 079
2 017	5 095	60	3 079
2 018	5 095	60	3 079

Para determinar la demanda externa se toma como referencia el volumen de SMH importado solo por los países del grupo andino, registrados hasta el año 2004, extrapoliándose valores para los años siguientes, considerándose el crecimiento del mercado hasta el año 2010. La grafica de estos datos se presentan en el Diagrama Nº 1.

Es importante señalar que en la actualidad las exportaciones de este producto pueden realizarse a diversas partes del mundo, dada la globalización y los mercados de libre competencia, para efectos del análisis solo se tomaran en cuenta a los países del grupo andino. A continuación se

presenta en el Cuadro Nº 14 el resumen de las proyecciones de exportaciones.



Cuadro Nº 14: Estimación de la Demanda del Mercado Externo

AÑO	MERCADO EXTERNO		
	Demanda Estimada(t)	% Participación	Producción Est.(t)
2009	31 408	2,0	628
2010	38 712	3,0	1 161
2011	38 712	4,5	1 742
2012	38 712	6,0	2 323
2013	38 712	6,5	2 516
2014	38 712	7,0	2 710
2015	38 712	7,5	2 920
2016	38 712	7,5	2 920
2017	38 712	7,5	2 920
2018	38 712	7,5	2 920

De las proyecciones de ventas se estima la construcción de una planta de producción con capacidad de 6 000 t /año, la cual iniciará la operación con 38% de la capacidad instalada, para ir incrementando

progresivamente hasta alcanzar en el año 2015 la capacidad total proyectada, manteniendo el nivel de producción en los años sucesivos. Esto se puede apreciar con mayor detalle en la siguiente cuadro:

Cuadro Nº 15: Estimación de la Demanda Total

AÑO	Producción Total (t)	% Capacidad Instalada
2 009	2 308	38
2 010	3 389	56
2 011	4 290	71
2 012	5 125	85
2 013	5 595	93
2 014	5 789	96
2 015	6 000	100
2 016	6 000	100
2 017	6 000	100
2 018	6 000	100

IV. TAMAÑO Y LOCALIZACION

4.1 Tamaño

El tamaño de la planta se tiene estimado como función de un mercado en crecimiento y en continuo desarrollo, con proyección a continuar el ritmo de aumento de la demanda aun por dos años consecutivos más. Para luego iniciar la etapa de consolidación en el mercado y expansión a mercados externos.

4.1.1 Tamaño-Mercado

Según el mercado, las proyecciones son alentadoras, dado que aun se encuentra en etapa desarrollo, es función fundamental de dar énfasis en la fuerza de ventas.

4.1.2 Tamaño-Tecnología

Según la tecnología con la que se cuenta en la actualidad, es suficientemente adecuada para satisfacer a los clientes con un producto de calidad y bajo costo, dado que el abastecimiento y calidad de los insumos esta garantizado, el proceso no debería registrar mayor variación. El proceso productivo es relativamente simple, con la mayor parte de los equipos que pueden ser fabricados en el país.

4.2 Localización

De acuerdo a la necesidad de materias primas, como el ácido sulfúrico, se tiene que los principales abastecedores se encuentran en La Oroya y en Huachipa. Por otra parte el óxido de magnesio importado es ingresado al país por vía marítima, es decir por el puerto del Callao. Se tiene la necesidad de ubicar la planta en una zona intermedia entre estas

localidades, para reducir el costo del flete, por lo cual sería conveniente ubicar la planta en Lima, siendo la zona a establecer de amplias vías de acceso para permitir el fácil ingreso y salida de tránsito pesado entre las diferentes arterias de la ciudad.

Por otra parte, en cuanto a los potenciales clientes, estos se ubican en las diversas localidades del país de norte a sur y en la costa sierra y selva, por lo que es necesario ubicar la planta en la zona central del país. Para la proyección de ventas al exterior, se debe tener en cuenta que la principal vía de transporte es la marítima, es decir con una ubicación cercana al puerto del Callao.

Por lo que tomando todas las consideraciones anteriores, se recomienda la ubicación de la planta de producción en la zona industrial de Lima aledaña a la Av. Argentina, a la Av. Venezuela, o en la zona industrial del Callao, cercanas a la Av. Néstor Gambeta. con lo que se garantizaría un adecuado aprovechamiento de los recursos, tanto económico con la reducción de fletes, como ahorro de tiempos de transporte entre clientes y proveedores, con tiempos de respuesta menores ante cualquier eventualidad. Esta ubicación, se ve favorecida también por la oferta de mano de obra proveniente del cono norte y zona central de Lima, que concentra un gran porcentaje de mano de obra calificada.

V. INGENIERIA DE PROYECTO

5.1 Procesos de Producción de SMH

La producción de SMH, puede realizarse a través de varios métodos, dependiendo básicamente de la fuente de magnesio a emplear, estos se describen detalladamente, indicando las reacciones involucradas en las mismas:

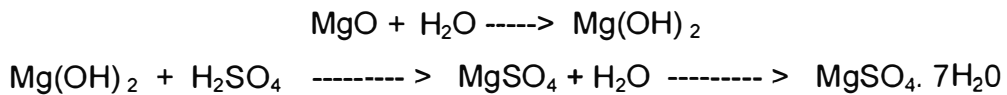
5.1.1 Proceso del Oxido de Magnesio Mineral

El óxido de magnesio es obtenido a partir de la calcinación del carbonato o hidróxido de magnesio. Como materias primas se usan calidades seleccionadas de magnesita. El óxido de magnesio puro tiene una temperatura de conglutinación superior a 2 000 °C. Las magnesitas naturales contienen ciertas impurezas tales como el óxido férrico que dan un producto conglutinado a unos 1 400 °C.

Casi todas las instalaciones modernas son de hornos rotatorios de grandes dimensiones, revestidos de ladrillos de magnesita. Las dimensiones para la calcinación a alta temperatura de la magnesita son de 2,1 a 3,0 m de diámetro y 120 m de largo, mientras que los hornos para la calcinación de la dolomita tiene de 1,8 a 3,3 m de diámetro y 100 m de largo. En esos hornos pueden controlarse rigurosamente las condiciones de la calcinación y el tiempo que dura por medio del ajuste de la velocidad de rotación, la inclinación del tubo y la velocidad de alimentación de materia prima. Se aumenta la eficiencia térmica alargando el tubo o haciendo pasar los gases salientes a través de una capa de la materia prima triturada o granulada. Las temperaturas máximas se alcanzan casi cerca del extremo de la descarga del producto, donde un quemador de petróleo o gas inyecta una llama en el tubo.

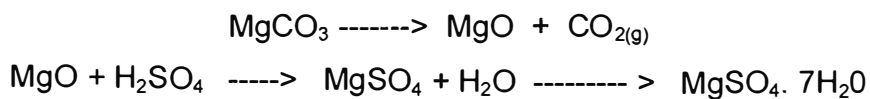
El óxido de magnesio se hidrata previamente en el reactor, formando el hidróxido de magnesio, para luego con la adición de ácido sulfúrico, dar

como producto el sulfato de magnesio en solución, esta reacción es altamente exotérmica, por lo que se tiene que controlar la temperatura, con la adición moderada de ácido sulfúrico. Seguidamente el sulfato de magnesio en solución pasa a la etapa de filtración, cristalización y centrifugación. El proceso productivo, requiere equipos que pueden ser fabricados en el mercado local. Las reacciones son las siguientes:



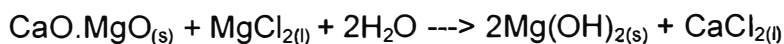
5.1.2 Proceso de Calcinación ⁽²⁵⁾

El carbonato de magnesio es obtenido del tratamiento de ciertas piedras calizas. Este proceso comienza con la calcinación del Carbonato de Magnesio en horno refractario a 600 – 700 °C, por aproximadamente tres horas, con el objeto de convertir todo el carbonato, eliminándolo como gas el dióxido de carbono, liberando el óxido de magnesio. A partir de aquí el proceso es similar al 5.1.1. La reacción es como sigue:

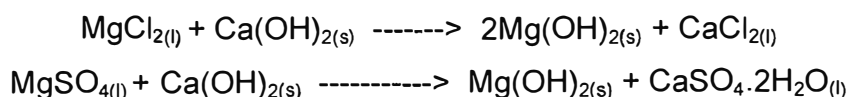


5.1.3 Proceso de Purificación del Agua de Mar

En sus comienzos para la producción de hidróxido de magnesio directamente se usaba como precipitante agua de cal clarificada; pero pronto se vio que podía obtenerse productos igualmente satisfactorios añadiendo lechada de cal mucho más concentrada o incluso cal pulverizada seca o dolomita calcinada. La adición de dolomita calcinada produce la siguiente reacción:



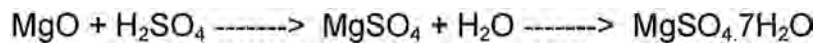
La adición de cal conduce a las siguientes reacciones:



Como tratamiento previo eliminar todo o parte del magnesio contenido en el agua como hidróxido u óxido de calcio. Este precipitado arrastra el carbonato de calcio, la sílice, el óxido férrico y otras impurezas, que se eliminan del lodo después de la sedimentación en un espesador. La precipitación principal se realiza luego mezclando el agua clarificada con la cantidad calculada de hidróxido de calcio y concentrando el precipitado en grandes estanques de sedimentación o espesadores Dorr (⁷). En virtud de la baja concentración del magnesio en el agua de mar (2,2 g por litro), se tratan volúmenes muy grandes de líquidos, y en las grandes instalaciones se usa espesadores de un diámetro superior a 60 m con superficie de mas de 4 000 m². Según el tipo de precipitación usada, la papilla concentrada retirada del fondo de los espesadores contiene entre 7 y 15 % de hidróxido de magnesio. La separación de las sales residuales de este producto impuro es un problema difícil en virtud de la naturaleza semicoloidal del precipitado. El procedimiento mas usado es un lavado por decantación en contracorriente en una serie de espesadores del mismo tamaño que los primeros tanques sedimentadores. Otro método de lavado se basa en el hecho de que la lechada magnésica concentrada puede formar, por extrusión, hilos que entran en una columna de agua sin que se desintegren.

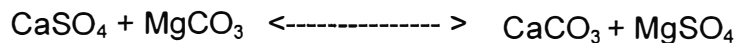
Usando torres suficientemente altas o una serie de columnas con agua dulce en contracorriente, se eliminan las sales residuales por difusión. El hidróxido magnésico lavado se escurre en filtros de vacío rotatorios y luego se seca o calcina. Secando por aspersion la lechada lavada se obtiene una calidad farmacéutica de hidróxido de magnesio. Para la obtención de óxido de magnesio requiere la adición de 2 a 7 % de óxido férrico u otros aditivos para permitir la fluxión y recristalización a las temperaturas máximas posibles en horno rotatorio calentado con petróleo o gas. El producto obtenido de este modo se llama "periclasa sintética".

El óxido de magnesio es atacado por acción del ácido sulfúrico, en un reactor abierto con serpentines de enfriamiento, obteniéndose sulfato de magnesio en solución. Prosiguiendo un proceso de filtración, y cristalización y centrifugación para finalmente obtener la Sal de Epsom. La reacción de este proceso se presenta a continuación:



5.1.4 Proceso a partir del Yeso

Se prepara reaccionado el yeso con el carbonato de magnesio, según la siguiente reacción:



La reacción es reversible y no puede hacerse completa si no se retira del sistema constantemente el SMH.

5.1.5 Proceso de Separación de Minerales

El sulfato de magnesio se encuentra en la naturaleza en determinadas regiones, formando numerosas sales dobles con sulfatos y cloruros alcalinos y alcalinotérreos. Casi todos estos compuestos se encuentran como minerales en yacimientos de sales marinas, pero puede prepararse partiendo de las soluciones de las sales componentes en condiciones controladas de temperatura y concentración.

Tal como se puede apreciar en la siguiente Cuadro №. 16, se presenta la composición las principales sales de magnesio distribuidas en la corteza terrestre.

Cuadro № 16: Sales Dobles del Sulfato de Magnesio

Fórmula	Nombre del Mineral	Intervalo de Estabilidad (°C)
Sistema MgSO ₄ -Na ₂ SO ₄ -H ₂ O		
Na ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .4H ₂ O	Bloedita	25 - 71
Na ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .21/2H ₂ O	Loewita	59,5 - 190
3Na ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .	Vanthoffita	> 60
Sistema MgSO ₄ -K ₂ SO ₄ -H ₂ O		
K ₂ SO ₄ .2MgSO ₄	Langbeinita	> 61
K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .4H ₂ O	Leonita	41 - 89
K ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .6H ₂ O	Schoenita	-5,1 – 47,5
Sistema MgSO ₄ -(NH ₄) ₂ SO ₄ -H ₂ O		
(NH ₄) ₂ SO ₄ .MgSO ₄ .6H ₂ O	Schoenita Amonica	0 - 100

Referencia: Enciclopedia de Tecnología Química Kirk D. tomo 5, Pag. 392

5.1.6 Proceso de Purificación de Emisiones Sulfurosas

Puede obtenerse por absorción del dióxido de azufre en una lechada de hidróxido de magnesio y oxidación subsiguiente de la solución de bisulfito de magnesio con aire lentamente, en presencia de catalizadores metálicos, esta etapa se puede realizar entre 50 a 60 °C. La reacción es la siguiente:



Esta reacción se aprovecha principalmente para el proceso de desulfurización de las emisiones gaseosas en las refinerías de petróleo, siendo comprendido este proceso dentro del marco de desarrollo de tecnologías limpias, reduciendo de este modo la contaminación del medio ambiente. El proceso tiene un costo inicial relativamente bajo, y además permite ser escalable a diversos rangos de trabajo con la mayor circulación de hidróxido de magnesio. Se consigue eficiencias de desulfurización de cerca del 97%. En una primera etapa de la reacción el gas es absorbido por el

hidróxido de magnesio. Subsecuentemente se forma el sulfito de magnesio que es oxidado en presencia de aire que es ingresado en una torre a contracorriente. Finalmente se forma el SMH, el cual es retenido en el filtro y se descarga del sistema, eliminando la corriente gaseosa limpia al medio ambiente por otra línea.

5.2 Selección del Proceso

El principal inconveniente del proceso descrito en el ítem 5.1.2, es el bajo rendimiento en la obtención del SMH del proceso, sumado a esto el alto consumo de energía y manejo de altas temperaturas, del orden de los 600 °C, requerido para la completa calcinación del carbonato.

En cuanto al proceso descrito en el ítem 5.1.3, requiere de una planta industrial de grandes extensiones y con una alta inversión inicial, a la vez que para poder obtener viabilidad económica, requiere ser separados otros componentes como productos secundarios de valor comercial como el cloruro de sodio y dióxido de carbono. Otro inconveniente de este proceso es que el producto obtenido aun mantiene un porcentaje elevado de cloruros, a pesar de las constantes etapas de purificación. Los cloruros son altamente nocivos para los cultivos.

En lo que refiere al proceso descrito en el ítem 5.1.4, la reacción es reversible y se dificulta el control del proceso, alcanzando baja conversión en la reacción principal, por lo que no es comercialmente usado.

El proceso descrito en el ítem 5.1.5, es apropiado para países que tienen grandes fuentes de sales magnésicas, las cuales con un proceso simple y económico de separación, se permite obtener directamente el sulfato de magnesio, y seguidamente su cristalización como SMH, ya que no es económicamente rentable trasladar estas sales a grandes distancias. En el país de pequeñas canteras de estas sales, las cuales son explotadas artesanalmente.

En lo que respecta al proceso descrito en el ítem 5.1.6, es usado comúnmente para fines de protección del medio ambiente, en plantas de

Figura № 2: Pesado de Muestra en Balanza Analítica



refinación de petróleo y gas, no es económicamente rentable como proceso productivo para la obtención de SMH como producto principal.

Por lo anteriormente expuesto, el proceso viable recomendado para la obtención de SMH, es partir del ataque del óxido de magnesio con ácido sulfúrico, obtenido del tratamiento de piedras calizas, descrito en el ítem 5.1.1, debido a que este es un proceso sencillo y rentable, dadas las condiciones locales. Debido que el país no cuenta con fuentes naturales de magnesio de alta concentración, se tiene la necesidad de importar esta materia prima y partiendo del óxido de magnesio el proceso se simplifica. El detalle de este proceso se indicara mas adelante. En cuanto al ácido sulfúrico, es producido en grandes cantidades en el país, siendo su costo razonable y su abastecimiento asegurado en todas las épocas del año. Por otra parte, la mayoría de equipos requeridos para el proceso pueden ser fabricados localmente.

5.3 Pruebas Experimentales

A continuación se detallan las pruebas realizadas para caracterizar las etapas del proceso, así también como el análisis de óxidos de magnesio (principal materia prima) y del producto final SMH, describiéndose detalladamente cada una de las pruebas, así como los resultados y conclusiones obtenidas de estas.

5.3.1 Análisis de Materias Primas

Se realizaron análisis a cuatro materias primas proporcionadas por diferentes proveedores, el cuadro resumen se presenta a continuación:

Cuadro № 17: Análisis de Óxidos de Magnesio

Característica	Expresión	MUESTRA 1	MUESTRA 2	MUESTRA 3	MUESTRA 4
Magnesio	MgO, %	90,53	89,36	87,56	83,76
Hierro	Fe ₂ O ₃ , %	0,17	0,62	0,52	0,38
Calcio	CaO, %	1,17	1,38	0,34	0,36
Insolubles en HCl	%	6,79	3,42	5,09	5,30
Humedad	H ₂ O, %	0,57	0,19	0,31	0,81
Pérd.x Calcinación	%	1,16	2,07	2,33	8,94

Figura № 3: Determinación de Contenido de Magnesio en Titulador Automático



De las muestras analizadas la muestra 1 presenta mayor concentración de óxido de magnesio, a su vez el abastecimiento, según el proveedor, esta asegurado, con un precio por tonelada similar a las demás muestras, por lo que se concluye que es la mas apropiada.

5.3.2 Optimización de la Reacción Química

5.3.2.1 Tiempo de Adición de Acido Sulfúrico.

a) Objetivo:

Registrar temperaturas tras la adición de ácido sulfúrico a la solución de hidróxido de magnesio y licor para estimar el tiempo de adición de ácido, así como el tiempo de reacción.

b) Procedimiento:

Se acondiciona una bureta para regular diferentes flujos constantes de ácido sulfúrico concentrado 9.3 g, para preparar 40 g de SMH.

Se prepara cuatro muestras con 17,5 ml de licor de sulfato de magnesio al 26 %, agregándosele la cantidad estequiométrica de agua y óxido de magnesio, en agitación continua en un agitador magnético.

Se adiciona el ácido y se registran las temperaturas con ayuda del pirómetro digital.

Los datos tomados son registrados en el cuadro adjuntado en el anexo 6.

c) Análisis de Resultados

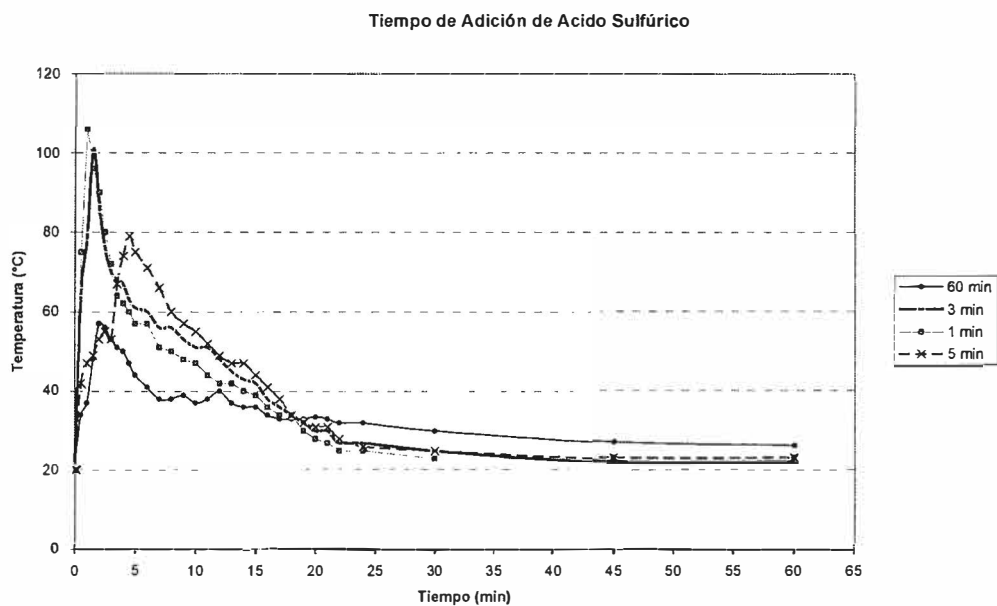
La reacción entre el hidróxido de magnesio y el ácido sulfúrico es casi instantánea y altamente exotérmica. Para el caso de adición de ácido en un minuto, se observó excesiva presencia de vapores y salpicaduras fuera del vaso.

Figura № 4: Determinación de Humedad del SMH



- Para la cantidad de muestra preparada el tiempo óptimo de adición es entre 3 minutos y 5 minutos para completar toda la reacción.
- Para evitar el enfriamiento rápido, el reactor deberá estar 120
- adecuadamente aislado.

Diagrama No 2: Temperatura Vs. el Tiempo de Adición de H₂SO₄



5.3.2.2 Temperatura de Filtración

a) Objetivo:

Determinar la temperatura optima durante la filtración, que permita un adecuado manejo de esta etapa.

b) Procedimiento:

- Preparar tres muestras con las cantidades estequimétricas para producir 200 g de SMH.

Figura № 5: Determinación de Contenido de Insolubles



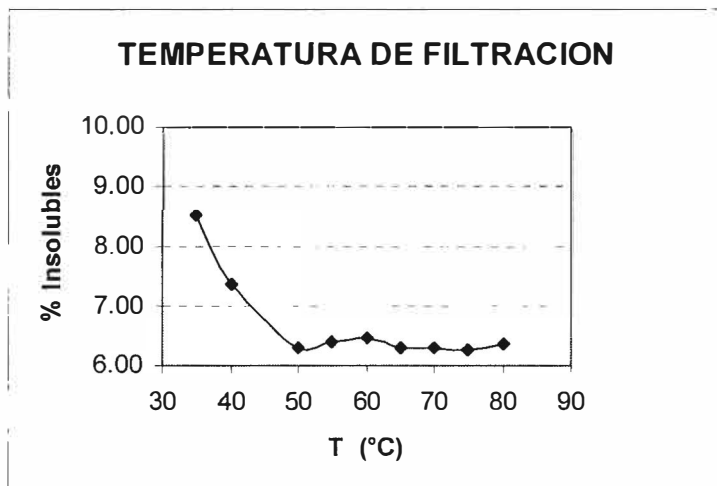
- Realizar la filtración manteniéndolo en un baño maría a diferentes temperaturas luego de la reacción y filtrarlo en un kitasato con ayuda de la bomba de vacío.
- Registrar los datos según la siguiente cuadro.

Cuadro Nº 18: Datos de Prueba de Temperatura de Filtración

T (°C)	% Insolubles	Tiempo(min)	Observación
35	8,52	19,50	Proceso lento
40	7,37	15,30	Proceso ligeramente lento, aparición de cristales
50	6,30	11,50	Buena velocidad de filtracion
55	6,40	11,35	Proceso estable
60	6,45	11,30	Proceso sin inconveniente mayor.
65	6,31	11,15	Proceso rápido, presencia de vapores
70	6,30	11,00	
75	6,27	11,05	Presencia vapores
80	6,35	11,20	Excesiva presencia de vapores

El grafico de los datos se presenta a continuación

Diagrama Nº 3



c) Análisis de Resultados

De la cuadro de datos se concluye que la temperatura apropiada de filtración se encuentra entre 50 y 60°C, ya que permite un adecuado manejo de la operación, sin consumo previo de energía, así como un menor tiempo. No hay un apreciable aumento de insolubles a temperaturas mayores a 60 °C.

Figura № 6: Reacción el Laboratorio para la Obtención de SMH



5.3.2.3 Concentración Óptima en el Reactor

a) Objetivo:

Encontrar la concentración óptima de sulfato de magnesio para realizar la reacción.

b) Procedimiento:

- Preparar cuatro muestras de 20 g de óxido de magnesio y con cantidades de agua para soluciones de diferentes concentraciones, empleando para la mezcla un agitador mecánico piloto tipo turbina en un vaso de de pirex (Figura № 6).
- Se agregó ácido sulfúrico concentrado y se dejó enfriar durante tres horas la solución de sulfato de magnesio hasta que cristalice la sal.
- Pesar las cantidades de cristales obtenidas.
- Se determina la humedad de cada muestra de cristales, calculando el rendimiento en base seca de esta operación.
- La cuadro de datos obtenidos se presenta a continuación:

Cuadro № 19: Concentración Óptima en el Reactor

%MgSO ₄	Peso Total (g)	Vol. Licor (ml)	Peso Licor (g)
30	181,3	126,5	163,2
35	155,6	80,9	104,4
38	143,5	52,6	67,9
40	136,4	43,8	56,5
42	130,0	32,5	41,9
47	116,4	1,2	1,5

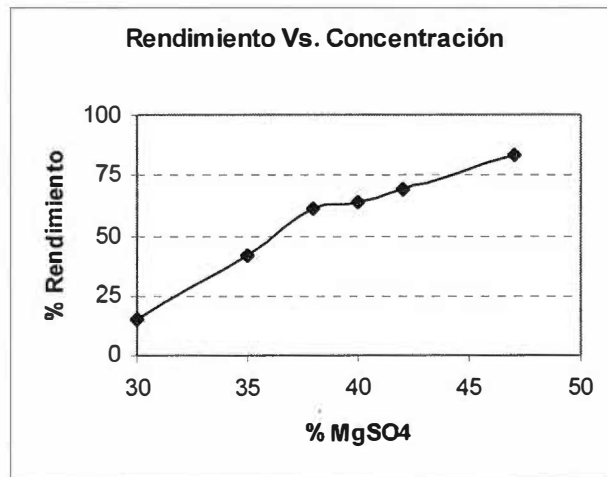
c) Análisis de Resultados

Los datos analizados se resumen en el siguiente cuadro:

Cuadro № 20: Resultados de Prueba

%MgSO ₄	Peso (g) SMH	% Humedad	Peso SMH B.Seca(g)	% Rendimiento	Observaciones
30	17.9	7.2	16.6	14.9	Bajo rendimiento
35	51.1	9.1	46.4	41.6	Buena fluidez, bajo rendimiento
38	75.3	10.2	67.6	60.6	Buena Fluidez
40	79.6	10.4	71.3	63.9	Dificultad para la agitacion
42	87.9	11.9	77.4	69.4	Poca presencia de licor
47	109.6	15.6	92.5	82.9	Nula agitación, minimo licor

Diagrama № 4



De los datos se aprecia la relación directa entre el rendimiento y la concentración de la solución, pero dadas las observaciones presentadas en cada una de ellas, se concluye que la muestra preparada de sulfato de magnesio al 38 % presenta mejores características de fluidez, permitiendo una adecuada agitación, así como de rendimiento apropiado, del 61%, facilitándose el manejo de esta etapa y su traslado posterior a la centrifuga.

5.3.2.4 Aspectos de los Cristales

a) Objetivo:

Analizar visualmente la característica de los cristales a obtener, definiendo la forma mas apropiada para su manejo.

b) Procedimiento:

Se prepara 2 muestras de SMH de 40 g cada una. A una de las muestras se le agrega 1,5 g de Bórax.

Se deja cristalizar sin agitación, por 8 horas y se observa su aspecto.

c) Análisis de Resultados

Se pudo apreciar que si bien la muestra con Bórax, permitió obtener cristales de mayor tamaño, y de mayor brillo, esto se vio mermado por la menor pureza. El tamaño apropiado de los cristales no es de gran importancia, por lo que se concluye que se deba de realizar la cristalización sin Bórax.

5.3.3 Prueba en Laboratorio para la Obtención de SMH

Con los parámetros del proceso optimizados se realiza la reacción del óxido de magnesio con el ácido sulfúrico, siguiendo el procedimiento descrito a continuación:

Se realizó la prueba partiendo del óxido de magnesio indicada como muestra 1, según la Cuadro No 15. El análisis previo del ácido sulfúrico concentrado es presentado a continuación:

Cuadro № 21: Análisis de Acido Sulfúrico

CARACTERISTICAS	EXPRESION	VALOR
Acido Sulfúrico	H ₂ SO ₄ , %	98,7
Hierro	Fe, ppm.	15
Plomo	Pb, ppm.	3

Se adicionaron las cantidades estequiométricas para preparar 200 g de SMH, con un ligero exceso de 1 % de óxido de magnesio para obtener un pH cercano a 7.

a) Procedimiento:

- Se pesa y adiciona el óxido de magnesio al vaso pirex.
- Se agrega el agua formándose el hidróxido de magnesio y se mantiene agitando con ayuda de una bagueta.
- Se agrega lentamente el ácido sulfúrico, evitando un excesivo sobrecalentamiento y salpicaduras fuera del vaso, hasta descargar todo el ácido.
- La reacción se realiza de manera instantánea completándose al cabo de unos minutos.
- Se filtró a 60 °C la solución de sulfato, con ayuda de una bomba de vacío, en papel Whatman №. 42, obteniéndose en el filtrado.
- Se deposita el contenido del filtrado a un vaso de 250 ml. Para que continúe con el proceso de cristalización a temperatura ambiente.
- Después de ocho horas, se decanta el licor madre obtenido y se analiza la muestra del producto cristalizado. Los resultados se presentan a continuación.
- Este procedimiento se realiza por duplicado.

b) Resultados:

El producto obtenido cumple con las especificaciones de calidad establecidas, solo se observa poca uniformidad en el tamaño de los cristales de SMH. El licor obtenido se prevé su empleo para un siguiente lote, previa concentración del mismo.

Cuadro № 22: Análisis de Muestras de SMH

Características	Expresión	Muestra 1	Muestra 2
Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O, %	99,72	99,39
Magnesio	Mg, %	9,72	9,68
Hierro	Fe, ppm	48	53
Calcio	Ca, %	0,007	0,006
Cloro	Cl-, %	0,045	0,037
Insolubles en agua	%	0,011	0,007
Humedad	H ₂ O, %	2,54	2,06
pH al 10%		6,57	6,84
Agua Total	№. de moles	6,98	6,96

Cuadro Nº 23: Análisis de Licor de SMH

Característica	Expresión	Muestra 1	Muestra 2
Magnesio	MgSO ₄ , %	26,66	26,40
Agua	H ₂ O, %	70,50	71,00
Hierro	Fe, ppm	24,00	22,00
Insoluble	%	0,14	0,18
pH al 10%		6,10	6,24

5.3.4 Prueba Piloto de la Reacción para la Obtención de SMH

Se realiza la prueba a escala piloto para la reacción química entre el óxido y ácido sulfúrico, con cantidades equivalentes para preparar 70 kg de SMH.

a) Procedimiento:

Se pesan 26,2 kg de ácido sulfúrico al 98%, teniendo el máximo cuidado de evitar salpicaduras.

Se pesan 11,7 kg de MgO adicionándosele 46,6 kg de agua dura y 35,9 kg de licor de sulfato al 26%. Se enciende el agitador de paletas tipo turbina, a 200 rpm, formándose el hidróxido de magnesio, homogenizándose la solución luego de 10 minutos, observándose un ligero calentamiento de la solución alcanzando los 32 °C.

Se agrega lentamente el ácido sulfúrico a la solución de hidróxido de magnesio, vertiendo todo el contenido en 10 minutos, alcanzando una temperatura de 99 °C. Se enciende el agitador a 100 rpm, agitándose por espacio de 10 minutos, observándose la reacción completa. Se toma una muestra para su análisis.

Se deja reposar por espacio de 30 minutos, notándose la decantación de impurezas en el fondo del reactor.

Se enfría al ambiente por espacio de 4 horas observándose la formación de cristales.

Se secan los cristales con una corriente de aire caliente a 60 °C, cuantificándose lo obtenido.

b) Análisis y Resultados:

Se analizó la solución de sulfato de magnesio obtenida inmediatamente finalizada la reacción, dando los siguientes resultados:

Cuadro Nº 24: Análisis de Sulfato de Magnesio

Características	Expresión	Resultados
Magnesio	MgSO ₄ , %	37,90
Magnesio	Mg, %	7,65
Hierro	Fe, ppm	49,00
Insolubles en agua	%	0,32
Conversión	%	99,44

Se analiza el producto SMH obtenido, reportándose en la siguiente tabla:

Cuadro Nº 25: Análisis de SMH

Características	Expresión	Resultados
Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O, %	99,32
Magnesio	Mg, %	9,58
Hierro	Fe, ppm	63
Calcio	Ca, %	0,00
Cloro	Cl ⁻ , %	0,03
Insolubles en agua	%	0,12
Humedad	H ₂ O, %	1,52
pH al 10%		7,05
Agua Total	Nro. de moles	6,95

Se calcula el rendimiento de la cristalización del peso de cristales secos obtenidos:

Cuadro Nº 26: Cálculo de Rendimiento

Características	Cantidad
Peso de Solución, kg	1,50
Peso de Licor, kg	0,43
Peso de Cristales, kg	0,97
Rendimiento, %	65

Conclusiones.

La dilución del ácido sulfúrico es bastante exotérmica, por lo que debe de realizar tomando las medias de seguridad y cuidados del caso.

La reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de magnesio, libera calor necesario y suficiente para completar la reacción, siendo rápida esta etapa, tomando 10 minutos.

La conversión obtenida fue de 99,5 %, quedando solo una mínima cantidad sin reaccionar.

El rendimiento de la cristalización alcanzada fue de 65 %, siendo este valor bastante aceptable. El licor remanente en el proceso, se considera reutilizarlo en el lote siguiente.

5.3.5 Prueba Piloto para la Cristalización

Se realiza la prueba piloto para la etapa de cristalización, partiendo de solución de sulfato de magnesio al 38%. Se analizara las condiciones para el enfriamiento y cristalización.

Procedimiento

Se preparan cuatro litros de solución de sulfato de magnesio al 38%, previamente filtrado.

Se deja enfriar por espacio de 80 minutos, ingresando agua por la chaqueta, hasta observarse la aparición de cristales sobre toda la superficie.

Se analiza el licor sobrenadante y los cristales de SMH obtenidos.

Resultados

Se analiza el licor sobrenadante y los cristales obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro № 27: Análisis de Licor Sobrenadante

Característica	Expresión	Resultados
Magnesio	MgSO ₄ , %	26,30
Agua	H ₂ O, %	72,50
Hierro	Fe, ppm	45
Insoluble	%	0,16
pH		6,52

Cuadro № 28: Análisis de Cristales de SMH

Características	Expresión	Resultado
Magnesio	MgSO ₄ .7H ₂ O, %	99,46
Magnesio	Mg, %	9,69
Hierro	Fe, ppm	48
Calcio	Ca, %	0,007
Cloro	Cl ⁻ , %	0,045
Insolubles en agua	%	0,022
Humedad	H ₂ O, %	2,05
pH al 10%		6,82
Agua Total	Nro. de moles	7,23

Conclusiones:

El tiempo de cristalización para el lote fue de 80 minutos, pudiendo mejorarse con una mejor transferencia de calor, empleando serpentines.

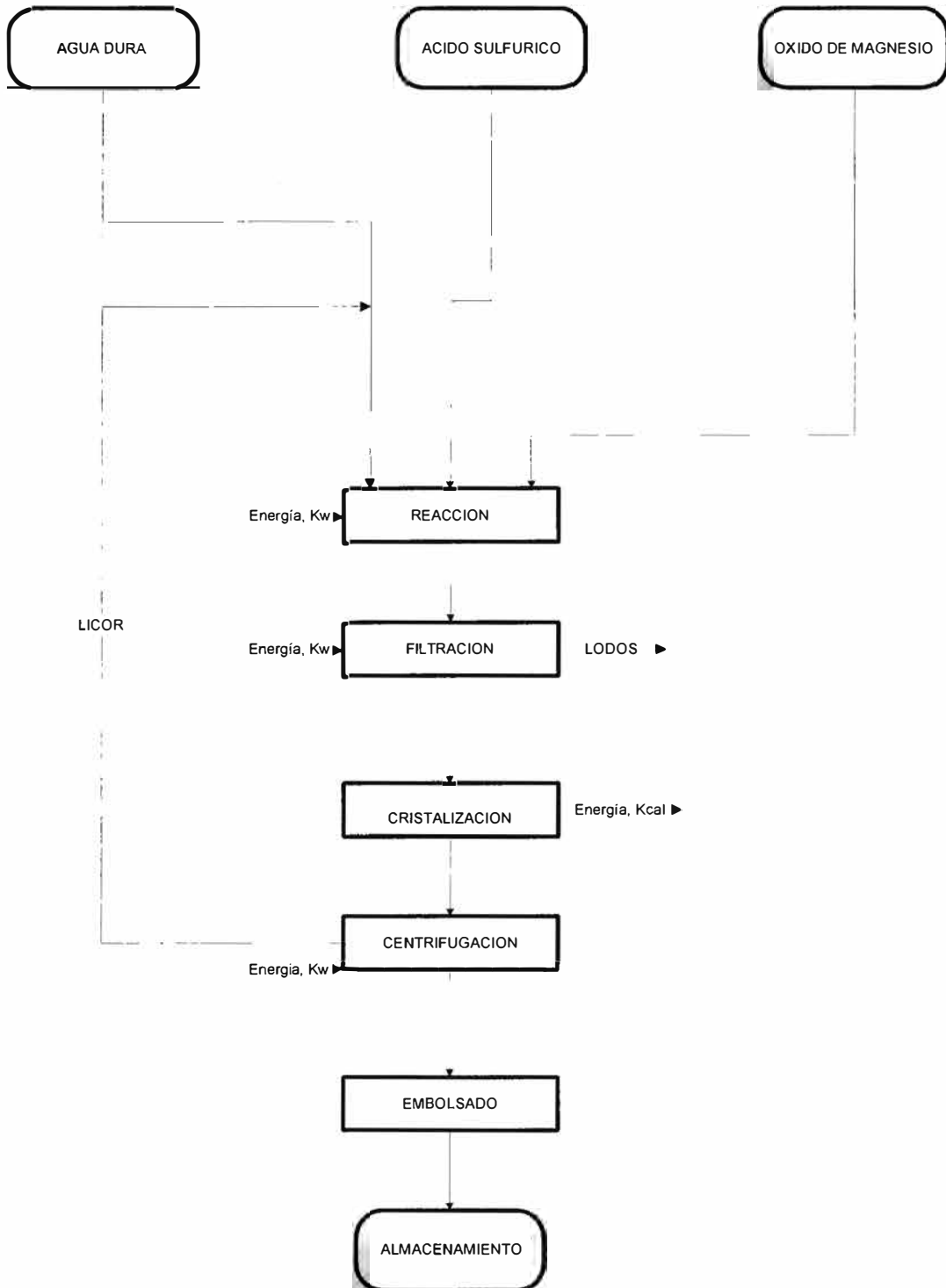
La características de calidad del SMH y del licor obtenido son aceptables, así también como la apariencia de los cristales.

5.4 Proceso de Producción

El proceso para la producción de SMH es bastante simplificado (⁷), requiere de pocos equipos la mayoría de los cuales pueden ser fabricados localmente, tal como se puede apreciar en el Diagrama de Flujo (Diagrama № 5).

Diagrama № 5: Diagrama de Flujo del Proceso

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DE SULFATO DE MAGNESIO HEPTAHIDRATADO



El tiempo de ciclo del lote estimado para el proceso es de 12 horas, a razón de dos lotes de producción por día de 10 t de SMH cada uno, de lunes a sábado, requiriéndose para tal efecto de 5 operarios en tres turnos de ocho horas cada uno. Los detalles se aprecian mejor en el Diagrama de Gantt de Proceso (Diagrama Nº 6), en el que se aprecia además que las etapas de filtración y centrifugación son las que consumen mayor tiempo. Inicialmente solo se emplearan 3 operarios, uno en cada turno de producción. A partir del cuarto año se prevé incrementar un operario adicional para el segundo turno. A su vez se estima que cuando se trabaje el proceso a plena capacidad se requerirán 5 operarios, es decir dos en el primer y segundo turno, y uno en el tercer turno, esto se dará según la proyección de ventas a partir del año 5.

En el Diagrama Nº 7, Diagrama de Gantt de Equipos, se puede observar que el cristalizador CR-101, es el equipo que trabaja a mayor capacidad, seguidamente el filtro prensa PFF-101, y la centrifuga CF-101, estos dos últimos equipos han sido diseñados teniendo en consideración su alto costo inicial, ya que se deben ser importados, por lo que se estima la capacidad mínima para operarlo el mayor tiempo disponible en el proceso.

Los balances de Masa y Energía para el lote, son presentados en los anexos Nº 8 y Nº 9. Del mismo modo el balance de Agua es presentado en el anexo Nº 10. Las etapas del proceso de producción se detallan a continuación:

- Carga de Materias Primas y Reacción.
- Descarga, Filtración y Cristalización.
- Centrifugación y Embolsado.

A continuación se detallará cada uno de las etapas señaladas:

5.4.1 Carga de Materias Primas y Reacción.

El óxido de magnesio almacenado en bolsones (Big-Bags) de aproximadamente 1,0 t, es trasladado de la zona de materia prima con ayuda de una Stocka hacia la plataforma de alimentación a la tolva SL-101, cargándose a esta la cantidad necesaria para el lote por medio de ganchos provistos de poleas. De aquí es descargado al reactor V-102. Seguidamente

se alimenta agua al tanque V-101 y de aquí es alimentada al reactor V-102, es también alimentado el licor proveniente de la centrifuga CF-101 de la reacción anterior. Se enciende el agitador del reactor AG-101, por espacio de 10 minutos, hasta convertir todo el oxido en hidróxido de magnesio.

El ingreso del ácido concentrado se realiza desde el tanque V-104, lentamente al inicio, debido a que la reacción es muy exotérmica. Este proceso se realiza en 20 minutos aproximadamente, hasta descargar completamente todo el ácido requerido. La reacción continúa hasta completarse durante unos minutos más.

5.4.3 Descarga, Filtración y Cristalización

Seguidamente es descargado el producto a través de la bomba DP-102 al filtro prensa PFF-101 a una presión constante de 6 bar, donde el lodo (insoluble) queda retenido en las placas del filtro, quedando el producto libre de impurezas. Estas impurezas la constituyen básicamente sales de hierro, silicio y calcio. Terminada esta operación las placas del filtro son llevadas a la zona de limpieza, donde se lavan las placas quedando listas para un nuevo lote. El sulfato de magnesio en solución, a un pH de 7 aproximadamente, se envía al cristizador CR-101, donde tras el enfriamiento, con ayuda de una ligera agitación. Esta operación permite la formación y crecimiento de cristales en la solución, cristalizando el producto con 7 moles de agua, quedando aun parte del licor madre en solución.

5.4.4 Centrifugación y Embolsado

La mezcla de licor y cristales es enviada al decantador centrífugo CF-101, donde se separan los cristales del licor madre. Se debe tener especial cuidado en esta operación ya que los cristales formados son frágiles. El licor madre remanente es enviado al reactor para ser usado en un siguiente lote, mientras que el producto SMH sale por otra línea con aproximadamente 2% de humedad, hacia las carretas de carga de cristales.

Luego es llevado a la tolva de embolsado SL-102. El producto es empacado en bolsas de polipropileno de 25 y 50 kg, y colocado en parihuelas, quedando de este modo lista para su almacenamiento y posterior comercialización.

5.5 Diseño de Equipos

Considerando el proceso del Diagrama Nº 5, se procede al diseño de los principales equipos de planta, los que se detallan a continuación. Los procedimientos de cálculo se encuentran en el Anexo 7. La tabla resumen de los equipos requeridos, se encuentra en el Cuadro Nº 24. La relación de las dimensiones de los tanques y tolvas se encuentra en el Cuadro Nº 25.

5.5.1 Reactor

Para el diseño de reactor se considera un tanque abierto, ya que la reacción es espontánea, con aislamiento exterior, provisto de un agitador mecánico. Para determinar el volumen se toma de referencia los volúmenes individuales de reactantes.

Características:

Volumen:	15,8 m ³
Altura:	4,3 m.
Diámetro:	2,2 m.
Material:	Planchas de 5/8" AISI 304.

Agitador del Reactor

Tipo:	Turbina.
Potencia Motor:	10 HP.
Diámetro paletas:	1,08 m.

5.5.2 Filtro Prensa

Será operado a presión constante, la temperatura promedio de alimentación será de 60 °C, el flujo será suministrado por la bomba de diafragma DP-102. La presión de trabajo será de 6 bar.

Cuadro № 29: Relación de Equipos

Código	Descripción	Características	Material
DP-102	Bomba de Alim. a Filtro Prensa	Tipo: Diafragma, Caudal: 12 m³/h, Potencia: 5 HP	Acero Inoxidable 304
PM-104	Bomba de H ₂ SO ₄	Tipo: Centrifuga, Caudal: 4 m³/h, Potencia: 1 HP	Acero Inoxidable 304
PFF-102	Filtro Prensa	Superficie 17 m², 26 placas, Presión 6 bar.	Acero al Carbono, Filtro de Polipropileno
V-102	Reactor	Volumen: 15 m³, Diámetro 2,13 m	Acero Inoxidable 304
CR-101	Cristalizador	Volumen: 17 m³, Diámetro 3,8 m, con serpentines	Acero Inoxidable 304
CF-101	Centrifuga	Potencia: 7,5 HP, Capacidad: 2 t/h.	Acero inoxidable 316
AG-101	Agitador de Reactor	Potencia: 15 HP, Diámetro agitador: 0,71 m.	Acero Inoxidable 304
AG-102	Agitador de Cristalizador	Potencia : 30 HP, Diámetro agitador: 1,26 m.	Acero Inoxidable 304
TE-101	Torre de Enfriamiento	Tipo: Contracorriente, Area: 3,1 m², Potencia: 1,5 HP.	Fibra de vidrio y Acero Galvanizado

Cuadro № 30: Relación de Tanques y Tolvas

Código	Descripción	Volumen m³	Altura m	Diámetro m	Material
SL-101	Tolva de Alimentación de MgO	4	2,8	1,4	Acero al Carbono
SL-102	Tolva de SMH	28	5,2	2,6	Acero al Carbono
V-101	Tanque de Licor	11	5,5	1,6	Acero al Carbono
V-103	Tanque de Recepción de H ₂ SO ₄	29	6,5	2,4	Acero al carbono
V-104	Tanque Diario de Acido Sulfurico	4	3,0	1,2	Acero al carbono

Características:

Area de Filtración:	16,8 m ² .
Número de Placas:	26 placas de 0,8 x 0,8 m.
Telas Filtrantes:	Polipropileno.

5.5.3 Cristalizador

Se considera el diseño para un lote, incluyéndose el remanente de licor del lote anterior retirado de la centrifuga. Se realizarán las etapas de enfriamiento y cristalización. Debe de estar provisto de serpentín para enfriamiento y un agitador mecánico. La descarga de producto será por la parte inferior.

Características:

Volumen:	17 m ³ .
Altura:	1,5 m.
Diámetro:	3,8 m.

Agitador del Cristalizador

Tipo:	Turbina.
Potencia del Motor:	30 HP.
Diámetro de paleta:	1,26 m.

5.5.4 Centrifuga

Diseñado para un lote de producción, la alimentación del producto será 40 °C en promedio. El tiempo estimado de operación será de 8 horas.

Características:

Tipo:	Decantador Centrifugo.
Potencia Motor:	7,5 HP.
Capacidad:	2,0 t / h.
Dimensiones:	1,32 x 1,07 x 0,6 m.

Servicios Auxiliares

5.5.5 Torre de Enfriamiento

Se empleará para el enfriamiento de la solución de sulfato de magnesio en el cristizador. Se diseñara de tiro inducido, operando 4 horas por día.

Características:

Tipo:	Contracorriente
Area:	3,1 m ² .
Potencia del Ventilador:	1,5 HP.

5.5.6 Agua Blanda

Se realizará el ablandamiento con resina de intercambio iónico, provisto de tanque de salmuera para la regeneración, para abastecer a la planta de 3 m³ / día de agua blanda.

5.5.7 Agua Dura

Se conectará a la línea de abastecimiento en la zona industrial, con una toma de 3" de diámetro (ver calculo del diámetro económico en el anexo 7), suficiente para proporcionar el caudal requerido, principalmente para alimentar al tanque de licor.

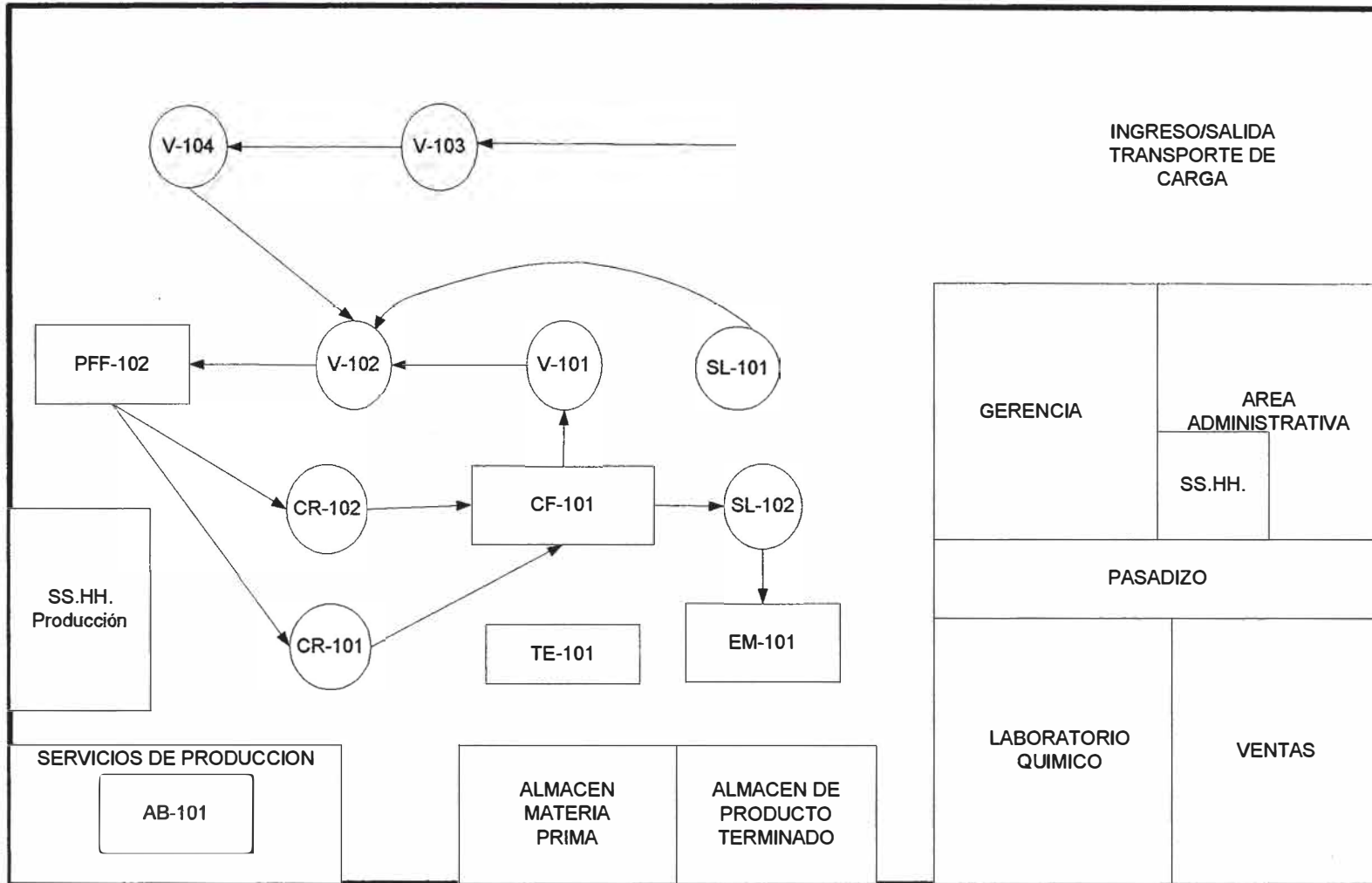
5.5.8 Electricidad

Se tomará la energía eléctrica para servicio industrial de baja tensión del proporcionado por Edelnor a la zona, a 220 V.

5.6 Distribución de Planta

La distribución de los equipos en el terreno para la instalación del proyecto, se aprecia con detalle en el Diagrama № 8. Aquí también se detallan la ubicación de las áreas administrativas, almacén y servicios. El área total del terreno requerida es de 1200 m². En el Cuadro № 34 se detalla el área estimada para cada una de las zonas de la fabrica, aquí se aprecia que

Diagrama N° 8: Distribución de Planta



LEYENDA

PFF-102 Filtro Prensa	CR-101 Cristalizador 1	SL-101 Tolva de MgO
CF-101 Centrifuga	CR-102 Cristalizador 2	V-101 Tanque de Licor
V-102 Reactor	V-103 Tanque Almacen H2SO4	V-104 Tanque Diario H2SO4
EM-101 Embolsado de SMH	TE-101 Torre de Enfriamiento	AB-101 Ablandador de Agua

PLANTA DE PRODUCCION DE SULFATO DE MAGNESIO HEPTAHIDRATADO

DISTRIBUCION DE PLANTA

DIAGRAMA NRO. 8

SIN ESCALA

el área estimada para producción y almacén es la que ocupa mas del 65% del terreno, considerándose el área para el almacenamiento de oxido de magnesio para el abastecimiento de una año de producción, ya que es producto de importación.

5.7 Control de Calidad

Se realizarán los siguientes análisis para las materias primas:

Oxido de Magnesio

- Contenido de Calcio.
- Concentración de Oxido de Magnesio.
- Contenido de Cloruros
- Humedad.
- Contenido de Insolubles

Los métodos de análisis se detallan en el Anexo 1.

Acido Sulfúrico

- Contenido de Hierro.
- Concentración de Acido Sulfúrico.

Los métodos de análisis se detallan en el Anexo 2.

Se realizará los siguientes controles al producto terminado SMH:

- Contenido de Calcio.
- Concentración de SMH.
- Contenido de Cloruros
- Humedad.
- Contenido de Insolubles

Los métodos de análisis se detallan en el Anexo 3.

Figura N° 7: Estufa para la Determinación de Humedad en Oxido de Magnesio



5.8 Seguridad Industrial

Para resguardar y garantizar el normal desarrollo de las labores en las instalaciones de la planta, se prevén tomar las siguientes medidas de seguridad:

- Distribuir apropiadamente extintores en las áreas de la planta de mayor riesgo potencial, señalizando la ubicación de los mismos.
- Capacitar al personal de producción sobre el manejo y manipulación de los insumos químicos involucrados en el proceso.
- Proveer y capacitar al personal sobre el uso de implementos de seguridad de acuerdo a la labor desempeñada por cada uno de ellos.
- Establecer procedimientos para el trabajo seguro a realizar por el personal de producción y servicios de proceso.
- Pintar de acuerdo al código de colores cada una de las tuberías de servicio y flujo de materiales, así como los equipos de procesos y demás accesorios, según norma establecida por INDECOPI.
- Señalizar apropiadamente las zonas de mayor riesgo y las zonas de evacuación en casos de sismos. Se tendrá especial cuidado proteger los tanques de almacenamiento de ácido sulfúrico.
- Coordinar con el personal de la compañía de bomberos del lugar, la realización de simulacros y prácticas periódicas ante cualquier emergencia.
- Se tendrá especial cuidado en proteger y aislar convenientemente las instalaciones eléctricas de los equipos. Se habilitará un pozo a tierra de acuerdo a las normas recomendadas.

VI. ASPECTOS AMBIENTALES

6.1 Metodología Aplicada

Se ha considerado como metodología de identificación de impactos el Análisis Matricial Causa - Efecto, adecuándola a las condiciones de interacción entre las actividades del proyecto de producción de SMH y los factores ambientales, permitiendo identificar los impactos generados sobre su entorno.

El proceso de identificación de potenciales impactos se aplicará para las siguientes etapas del proyecto:

Etapa Construcción, la que comprende las actividades de habilitación del área del emplazamiento, construcción de la infraestructura para los equipos principales, equipos auxiliares conexos y montaje de los mismos para la tecnología elegida.

Etapa de Operación, comprende las operaciones y procesos industriales durante el tiempo de vida útil del proyecto.

6.1.1 Componentes Ambientales Considerados

Para efectos del presente proyecto se han considerado los siguientes componentes ambientales que podrían verse afectados en las diversas fases del proyecto producción de SMH.

➤ Componentes Abióticos

1. Suelos

Modificación del relieve (topografía).

Erosión e inestabilidad del terreno.

Riesgo de alterar la calidad de suelo.

2. Aguas

Riesgo de alterar la calidad del agua superficial o continental.

Riesgo de alterar la calidad del agua subterránea.

Variación de flujo del agua superficial.

3. Aire

Generación de partículas.

Generación de gases, humos y vapores.

Generación de ruido.

➤ Componentes Bióticos

1. Flora

Impacto sobre la flora.

2. Fauna

Impacto sobre la fauna (terrestre).

Impacto sobre la fauna (acuática).

➤ Componentes Socio-Económicos

1. Social

Modificación del modo de vida.

Riesgo a la salud.

2. Económico

Generación de empleo.

Dinamización de la economía.

Generación de infraestructura.

➤ Componentes de Interés Humano y Cultural

1. Estéticas

Modificación del paisaje.

2. Culturales

Riesgo de impacto sobre sitios arqueológicos.

6.1.2 Actividades Consideradas dentro del Proyecto

Las actividades que como parte de cada etapa del proyecto, podrían impactar al entorno ambiental dentro del área de influencia del estudio son:

a) Planta de Producción de SMH

➤ Etapa de Construcción

- Desbroce de suelos (áreas de emplazamiento de la planta industrial).
- Transporte y almacenamiento de suelo superficial (topsoil).
- Requerimiento de materiales para infraestructura de la planta.
- Construcción de la infraestructura para el edificio de la planta industrial.
- Construcción de infraestructura para equipos principales y auxiliares.
- Construcción de oficinas y ambientes de producción.
- Movilización de equipos principales y auxiliares.
- Instalación de los equipos principales y auxiliares.
- Requerimiento de personal.

➤ Etapa de Operación

- Operación de dilución de Ácido Sulfúrico.
- Reacción Química.
- Operación de Filtración y Cristalización.
- Tratamiento de los residuos sólidos.
- Transporte y manejo de insumos para las operaciones.
- Transporte y manejo de ácido sulfúrico.
- Requerimiento de personal.

6.2 Matrices de Identificación Cualitativa de Potenciales Impactos Ambientales

Se realiza el Análisis Matricial Causa - Efecto Modificado, en base al procedimiento metodológico de la Matriz de Leopold (Procedure for Evaluating Environmental Impact, 1971). Los criterios técnicos para la identificación en la Matriz de Impactos, según la metodología aplicada, obedecen a la determinación de dos variables generales: el Carácter positivo

(+) o negativo (-) del impacto, así como la Magnitud de cada interacción o impacto identificado de acuerdo a la cuadro de valoraciones indicada.

Cuadro № 31: Categorías de Valoración General de Impactos

O	No hay interrelación
B	Leve (Baja).
M	Moderada (media)
A	Grave (Alta)

6.2.1 Potenciales Impactos Ambientales Identificados

Para las Instalaciones y Operaciones Industriales se han identificado los siguientes impactos:

En la Etapa de Construcción, según la Cuadro № 32 se han identificado 11 potenciales impactos negativos los cuales tienen el calificativo de bajo. Por su lado los potenciales impactos positivos en esta etapa sólo son 03, de los cuales una tiene calificación moderada .y dos tienen el calificación baja.

En la Etapa de Operación, según la Cuadro № 33 se determinaron 09 potenciales impactos negativos, los cuales 07 tiene calificación baja. En cuanto a los potenciales impactos positivos existen 03, donde dos tienen calificación baja y una calificación moderada.

Como se puede apreciar los potenciales impactos negativos en ambas etapas del proyecto (Construcción y Operación) tienen el calificativo de bajo, situación que significa que en muchos de los casos no requerirán mitigación alguna.

Cuadro № 32: Potenciales Impactos Ambientales Identificados

ETAPA DE CONSTRUCCION - INSTALACIONES INDUSTRIALES			
COMPONENTE AMBIENTAL	FÍSICO	SUELO	Modificación del relieve (-B)
			Erosión y estabilidad del terreno (-B)
			Riesgo de alterar la calidad de suelo (-B)
		AGUA	No hay impacto (O)
		AIRE	Generación de partículas (-B)
			Generación de gases, humos y vapores (-B)
	Generación de ruido (-B)		
	BIOLÓGICO	FLORA	No hay impacto (O)
		FAUNA	Impacto sobre la fauna (-B)
	SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Riesgo de conflictos sociales (-B)
			Riesgo a la salud (-B)
		ECONÓMICO	Generación de empleo (+M)
			Dinamización de la economía (+B)
	CULTURAL	ESTÉTICA	Modificación del paisaje (-B)
		CULTURAL	No hay impacto (O)

Cuadro № 33: Potenciales Impactos Ambientales Identificados

ETAPA DE OPERACIÓN - INSTALACIONES INDUSTRIALES			
COMPONENTE AMBIENTAL	FÍSICO	SUELO	Riesgo de alterar la calidad de suelo (-B)
		AGUA	Riesgo de alterar la calidad del agua superficial o continental (-B)
		AIRE	Generación de partículas (-B)
			Generación de gases, humos y vapores (-B)
			Generación de ruido (-B)
		BIOLÓGICO	FLORA
	FAUNA		Impacto sobre la fauna (terrestre) (-B)
	SOCIO-ECONÓMICO	SOCIAL	Riesgo de conflictos sociales (-B)
			Riesgo a la salud (-B)
		ECONÓMICO	Generación de empleo (+M)
			Dinamización de la economía (+B)
	CULTURAL	ESTÉTICA	Modificación del paisaje (+B)

6.3 Medidas de Prevención y Mitigación de Potenciales Impactos Ambientales Identificados

Se presenta un resumen de las medidas que deberán tomarse en cuenta, para efectos de prevención y/o mitigación de los potenciales impactos negativos identificados.

6.3.1 Fase de Construcción:

- Colocar cilindros rotulados para el acopio de desechos sólidos, con código de colores.
- Procedimientos y planes contingencias para respuestas a derrames accidentales de materiales.
- Humedecer la superficie del suelo del área donde se producirán movimientos de tierras.
- Los volquetes que trasladen algún tipo de material, deberán estar cubiertos con mantas de lona.
- Mantenimiento preventivo de todos los equipos y maquinas de construcción.
- Prohibir la generación de ruidos innecesarios en los vehículos.
- Disponer los residuos sólidos con empresas autorizadas del tratamiento y disposición final.
- Establecer lineamientos a la conducta de trabajadores, generando conciencia ecológica.
- Establecer reglamento de salud y seguridad.
- Establecer lineamientos de responsabilidad social.

6.3.2 Fase de Operación:

- Procedimientos y planes de contingencias para respuestas a derrames accidentales de materiales y sustancias peligrosas.
- Mantenimiento preventivo de todos los equipos fijos y móviles.

- Colocar cilindros rotulados para el acopio de desechos sólidos, así como cilindros para material absorbente o arena gruesa, como contingencia inmediata en caso de derrames, con código de colores.
- Manejo y control de todos los efluentes líquidos industriales, reciclaje, rehúso y descarga al cuerpo receptor dentro de los LMP establecidos por la normatividad vigente.
- Monitoreo de calidad de agua del cuerpo receptor y efluentes.
- Control de los niveles de contaminación mediante monitoreo ambiental anual.
- Prohibir la generación de ruidos innecesarios en los vehículos.
- Capacitación a todo el personal.
- Implementación adecuada y utilización de equipo de protección personal.
- Establecer lineamientos a la conducta de trabajadores, generando conciencia ecológica.
- Establecer reglamento de salud y seguridad.
- Establecer lineamientos de responsabilidad social.

VII. EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

7.1 Inversión

La inversión total del proyecto asciende a US\$ 563 951, la misma que se divide Inversión Fija y Capital de Trabajo, siendo presentado el resumen de los cálculos en el Cuadro N° 31. Las tablas auxiliares son presentadas en los Cuadros N° 28, 29 y 30. El cronograma de desembolso de la Inversión total se detalla en el Diagrama N° 9, en el que se estima el periodo de ejecución del proyecto de 6 meses, siendo la etapa de ejecución de obras civiles, la que se estima el mayor tiempo (4 meses), a su vez también se tiene que la etapa de adquisición del terreno, materiales y equipos de importación, es la que genera mayor desembolso que asciende a US\$ 162 654.

7.1.1 Capital Fijo

La inversión Fija asciende a US\$ 458 433, lo que representa el 87 % de la inversión total. Esta inversión a su vez se divide en:

7.1.1.1 Inversión Fija Tangible

Esta inversión ascendiendo al monto de US\$ 449 633, lo que representa el 80 % de la inversión total y que comprende a todos los bienes necesarios, como: maquinarias, equipos, herramientas así como los recursos para la instalación de los mismos, necesarios para el funcionamiento de la empresa.

7.1.1.2 Inversión Fija Intangible

La inversión fija intangible asciende a US\$ 8 800, que representa el 1,6 % de la inversión total y que comprende los gastos pre-operativos como el estudio de la inversión, costos de constitución y organización de la empresa.

Cuadro № 34: Inversión en Obras Civiles

ZONA	AREA (m ²)	COSTO (US\$)
PRODUCCION/ALMACEN	800	10 000
ADMINISTRACION	200	9 000
SERVICIOS	100	5 000
AMBIENTE EXTERNO	100	1 000
TOTAL	1 200	25 000

Cuadro № 35: Inversión en Equipos de Proceso

DESCRIPCION	CODIGO	PRECIO (US\$)
Bomba de H2S04	PM-104	4 000
Bomba de Alim. a Filtro Prensa	DP-102	6 000
Filtro Prensa	PFF-102	28 854
Reactor Enchaquetado	V-102	10 000
Cristalizador	CR-101	10 000
Centrifuga	CF-101	65 000
Cristalizador	CR-102	10 000
Agitador de Reactor	AG-101	9 500
Agitador de Cristalizador	AG-102	10 000
Tanque de H2S04 concentrado	V-103	8 000
Tanque de diario de H2S04	V-104	6 000
Tolva de MgO	SL-101	4 000
Tanque de Agua Blanda	V-101	1 000
Tolva de Embolsado	SL-102	5 000
TOTAL		177 354

Cuadro № 36: Inversión en Equipos de Laboratorio

DESCRIPCION	CANTIDAD	P. UNITARIO (US\$)	P. TOTAL (US\$)
Balanza Analitica	1	2 500,00	2 500,00
Buretas	3	70,00	210,00
Bomba de Vacio	1	300,00	300,00
Estufa de 120°C	1	140,00	140,00
Desecador	1	80,00	80,00
Plancha de Calentamiento c/agitador	1	350,00	350,00
pHmetro	1	300,00	300,00
Reactivos Quimicos para analisis	1	300,00	300,00
Vasos de vidrio	12	10,00	120,00
Otros materiales e insumos	1	300,00	300,00
TOTAL			4 600,00

Cuadro Nº 37: Inversión Total

INVERSION FIJA TANGIBLE	US\$
Zona de Producción	10 000
Zona Administrativa	9 000
Zona de Servicio	5 000
Zona de Ambiente Externo	1 000
Terreno	60 000
EDIFICIOS Y CONSTRUCCIONES	85 000
Equipos y maquinaria de proceso	177 354
Tuberías y Accesorios	14 188
Instrumentación	8 868
Instalaciones Eléctricas	12 415
Aislamiento de tuberías	12 415
Obras Civiles	17 735
EQUIPOS Y ACCESORIOS	242 974
Equipos de Laboratorio	4 600
Muebles y Enseres	6 500
Equipo de Servicios para producción	35 620
LABORATORIO Y MUEBLES	46 720
IMPREVISTOS 10%	74 939
TOTAL INVERSION FIJA TANGIBLE	449 633
INVERSION FIJA INTANGIBLE	US\$
ESTUDIO DE INVERSION	3 000
COSTO DE CONSTITUCION	3 000
ORGANIZACIÓN	2 000
IMPREVISTOS	800
TOTAL INVERSION FIJA INTANGIBLE	8 800
RESUMEN	US\$
TOTAL INVERSION FIJA TANGIBLE	449 633
TOTAL INVERSION FIJA INTANGIBLE	8 800
CAPITAL DE TRABAJO	105 518
INVERSION TOTAL US\$	563 951

Diagrama № 9: Cronograma de Inversión del Proyecto

ACTIVIDAD	MONTO(US\$)	PERIODO DE EJECUCION (Días)						
		0	30	60	90	120	150	180
Compra de terreno materiales y equipos	162 654							
Obras civiles, habilitación de ambientes	42 735							
Fabricacion de equipos y accesorios	65 688							
Habilitacion de estructuras y soporte de equipos	24 000							
Instalacion de equipos, tanques y accesorios	12 600							
Instalacion de tuberias, y aislamiento	48 035							
Trabajos Electricos/ Instrumentales	21 282							
Arranque-Puesta en Operación	152 467							
INVERSIÓN TOTAL	529 461							

7.1.2 Capital de Trabajo

El capital de trabajo se refiere a la disponibilidad de fondos necesarios para cubrir los gastos de las operaciones hasta que la empresa genere los flujos de efectivo que le permitan su autofinanciamiento.

Esta inversión asciende a US\$ 105 518 en el año de inicio de operaciones, lo que representa el 19 % de la inversión total. El Capital de Trabajo se detalla en el Cuadro Nº 32. Se asumen las siguientes consideraciones para su elaboración:

- Cuentas por Cobrar : 15 días de ventas.
- Cuentas por Pagar : 20 días de materia prima.
- Inventario de Materia Prima : 20 días.
- Inventario de Producto en Proceso : 10 días.
- Inventario de Producto Terminado : 25 días.

7.2 Presupuesto de Ingresos y Costos

7.2.1 Presupuesto de Ingresos

El presupuesto de ingresos por ventas es elaborado a partir de las proyecciones del estudio de mercado detallado en el Capítulo III. El precio de venta del producto SMH se fija en 330 US\$/t. Los cálculos detallados para todo el horizonte de planeamiento tomando en cuenta las proyecciones del estudio de mercado, se presentan en la Cuadro Nº 33.

7.2.2 Presupuestos de Costos y Gastos

Los presupuestos de Costos y Gastos se dividen a la vez en los involucrados en el proceso productivo, que incluyen gastos directos e indirectos de producción y los relacionados al sistema administrativo y de ventas, los cuales son asumidos en su totalidad como costos fijos. Estos se describen a continuación:

Cuadro № 38: CAPITAL DE TRABAJO
(US\$, Año 0)

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO CIRCULANTE										
Inv.de M.P. 30 días produccion										
US\$/DO	1 466	2 152	2 725	3 255	3 540	3 663	3 786	3 786	3 786	0
US\$/Año	36 652	53 807	68 117	81 383	88 502	91 575	94 649	94 649	94 649	0
Inv.de P.P. 10 días										
t / DO	8	11	14	17	19	19	20	20	20	0
t /Año	63	93	118	140	153	158	163	163	163	0
US\$/ t	248	231	224	220	218	217	217	217	217	217
US\$/Año	15 680	21 475	26 309	30 891	33 296	34 334	35 372	35 473	35 473	0
Inv. de P.T. 25 días										
t /Año	158	232	294	351	382	395	408	408	408	0
US\$/Año	39 201	53 688	65 771	77 227	83 239	85 835	88 430	88 683	88 683	0
Cuentas por Cobrar 15 días de las ventas										
US\$/Año	38 085	55 911	70 780	84 565	91 963	95 156	98 350	98 350	98 350	0
PASIVO CIRCULANTE										
Cuentas por Pagar 20 días de las Compras										
US\$/Año	24 100	35 380	44 789	53 512	58 193	60 214	62 235	62 235	62 235	0
CAPITAL DE TRABAJO										
US\$/Año	105 518	149 501	186 188	220 554	238 806	246 686	254 566	254 921	254 921	0
INCREMENTO										
US\$/Año	105 518	43 983	36 687	34 367	18 252	7 880	7 880	355	0	-254 921

Cuadro № 39: PRESUPUESTO DE INGRESOS

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Producción (t/año)	2 308	3 389	4 290	5 125	5 573	5 767	5 961	5 961	5 961	5 961
Precio (US\$/t)	330	330	330	330	330	330	330	330	330	330
Ventas (US\$ / día)	2 539	3 727	4 719	5 638	6 131	6 344	6 557	6 557	6 557	6 557
Ventas (US\$ / año)	761 696	1 118 225	1 415 605	1 691 304	1 839 252	1 903 127	1 967 002	1 967 002	1 967 002	1 967 002

7.2.2.1 Presupuestos de Costos de Producción

Los costos de producción son divididos en costos fijos y costos variables. Dentro de los costos fijos se mencionan a los sueldos de las Jefaturas encargadas de organizar todo el proceso de producción. Dentro de los costos variables de producción se tienen a los costos de materia prima, salarios de los operarios, laboratorista y gastos en servicios como agua y energía eléctrica, así como los gastos por concepto de mantenimiento de equipos de proceso. Estos gastos figuran con mas detalle en el Cuadro №. 34 y las tablas auxiliares en los Cuadros № 39 y 40.

7.2.2.2 Presupuestos de Gastos Administrativos y de Ventas

Los gastos administrativos incluyen factores como el sueldo del personal, los gastos en servicios como agua, energía eléctrica y teléfono, así como los afines como los gastos de representación, contabilidad, entre otros. El presupuesto se describe en el Cuadro № 35. La tabla auxiliar se detalla en el Cuadro № 37.

Para los gastos de ventas también se incluyen los factores de los gastos en servicios, sueldo de personal, así como los afines como los gastos de representación y publicidad. Es detallado en el Cuadro № 36 y la tabla auxiliar en el Cuadro № 38.

7.2.3 Costo de Producción

Los presupuestos anteriores y la tabla con el programa de producción anual del Cuadro № 42 son empleados para calcular el costo de producción unitario en el Cuadro № 43. Se describen los costos fijos y costos variables, calculándose para cada año el costo unitario de producción.

Se aprecia que en el primer año de operación el costo unitario alcanza su mayor valor US\$ 247,96, para luego con el transcurso de los años ir decayendo hasta alcanzar el valor mínimo en el año 7 a US\$ 216,60. Esto se

Cuadro № 43: Tabla Auxiliar - Produccion

PRESUPUESTO DE MANO DE OBRA DIRECTA										
Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
OPERARIO										
Sueldo Mensual (US\$)	222	222	222	222	222	222	222	222	222	222
Remuneración x Año (US\$)	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701	3 701
Número de trabajadores	3	3	3	4	4	4	4	5	5	5
Sub-Total x Año (US\$)	11 103	11 103	11 103	14 804	14 804	14 804	14 804	18 505	18 505	18 505
LABORATORISTA										
Sueldo Mensual (US\$)	254	254	254	254	254	254	254	254	254	254
Remuneración x Año (US\$)	4 230	302	302	302	302	302	302	302	302	302
Número de trabajadores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sub-Total x Año (US\$)	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230	4 230
MECANICO										
Sueldo Mensual (US\$)	286	286	286	286	286	286	286	286	286	286
Remuneración x Año (US\$)	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758
Número de trabajadores	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Sub-Total x Año (US\$)	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758	4 758
TOTAL (US\$)	20 091	20 091	20 091	23 792	23 792	23 792	23 792	27 493	27 493	27 493

Cuadro № 44: Tabla Auxiliar - Produccion, Servicios

PRESUPUESTO DE SERVICIOS DE PRODUCCION										
Concepto	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5	AÑO 6	AÑO 7	AÑO 8	AÑO 9	AÑO 10
ENERGIA ELECTRICA										
Consumo (Kw)	47 659	69 967	88 574	105 824	115 081	119 078	123 074	123 074	123 074	123 074
Costo Unitario (US\$)	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Monto (US\$)	2 860	4 198	5 314	6 349	6 905	7 145	7 384	7 384	7 384	7 384
AGUA DURA										
Consumo (m')	1 275	1 871	2 369	2 830	3 078	3 185	3 292	3 292	3 292	3 292
Costo Unitario (US\$)	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Monto (US\$)	6 374	9 357	11 845	14 152	15 390	15 925	16 459	16 459	16 459	16 459
AGUA BLANDA										
Consumo (m')	314	460	583	696	757	784	810	810	810	810
Costo Unitario (US\$)	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
Monto (US\$)	2 823	4 144	5 246	6 267	6 816	7 052	7 289	7 289	7 289	7 289
TOTAL (US\$)	12 056	17 699	22 405	26 769	29 111	30 122	31 133	31 133	31 133	31 133

Cuadro № 45: Tabla Auxiliar - Administración

COSTOS FIJOS -ADMINISTRACION		
CONCEPTO	Cantidad	US\$/Año
SERVICIOS		
ENERGIA ELECTRICA		
Consumo (Kw)	1 500	
Monto		90,00
AGUA		
Consumo (m ¹)	225	
Monto		1 125,00
TELEFONO		
Monto		1 500,00
TOTAL		2 715,00
SUELDOS		
JEFE DE ADMINISTRACION		
Sueldo Mensual		476,19
Remuneración Total		566,48
Subtotal		7 930,67
SECRETARIA		
Sueldo Mensual		190,48
Remuneración Total		226,59
Subtotal		3 172,27
TOTAL		11 102,93
OTROS		
Servicio de Contabilidad		3 000,00
Servicio de Vigilancia		2 600,00
G. de Representación		3 000,00
Útiles de Escritorio		1 000,00
TOTAL		9 600,00

Cuadro № 46: Tabla Auxiliar - Ventas

COSTOS FIJOS - VENTAS		
CONCEPTO	Cantidad	US\$/Año
SERVICIOS		
ENERGIA ELECTRICA		
Consumo (Kw)	1 500	
Monto		90,00
AGUA		
Consumo (m ¹)	225	
Monto		1 125
TELEFONO		
Monto		1 500
TOTAL		2 715
SUELDOS		
JEFE DE VENTAS		
Sueldo Mensual		540
Remuneración x Año		8 988
REPRESENTANTES DE VENTAS		
Sueldo Mensual		476
Remuneración x Año		7 931
Número de trabajadores	2	
Sub-Total x Año		15 861
SECRETARIA		
Sueldo Mensual		190
Remuneración x Año		3 172
TOTAL		28 022
OTROS		
Publicidad		7 000
G. de Representación		6 000
Útiles de Escritorio		1 500
TOTAL		14 500

**Cuadro № 47: COSTO DE PRODUCCION
(US\$, Año 0)**

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Requerimiento de Materia Prima										
Acido Sulfurico 98% (US\$/t)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Oxido de Magnesio (US\$/t)	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770
Agua (US\$/m3)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Costo de Materia Prima										
Acido Sulfurico 98% (US\$/año)	136 350	200 172	253 406	302 758	329 242	340 676	352 111	352 111	352 111	352 111
Oxido de Magnesio (US\$/año)	292 448	429 336	543 513	649 366	706 170	730 694	755 219	755 219	755 219	755 219
Agua (US\$/año)	11 020	16 178	20 481	24 470	26 610	27 534	28 459	28 459	28 459	28 459
Costos Variables										
Materia Prima (US\$/Año)	439 819	645 686	817 400	976 594	1 062 022	1 098 905	1 135 788	1 135 788	1 135 788	1 135 788
Mano de Obra Directa (US\$/Año)	20 091	20 091	20 091	23 792	23 792	23 792	23 792	27 493	27 493	27 493
Mantenimiento (US\$/Año)	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149	12 149
Servicios de Produccion (US\$/Año)	12 056	17 699	22 405	26 769	29 111	30 122	31 133	31 133	31 133	31 133
Total Costos Variables (US\$/Año)	484 114	695 625	872 045	1 039 304	1 127 073	1 164 967	1 202 861	1 206 562	1 206 562	1 206 562
Costos Fijos										
Gastos Administrativos (US\$/Año)	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418
Gastos de Ventas (US\$/Año)	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237
Mano de Obra Indirecta - Produccion (US\$/Año)	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562
Total Costos Fijos (US\$/Año)	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217	88 217
Costo de Producción										
US\$/Año	572 331	783 841	960 262	1 127 520	1 215 290	1 253 184	1 291 078	1 294 779	1 294 779	1 294 779
US\$/DO	1 908	2 613	3 201	3 758	4 051	4 177	4 304	4 316	4 316	4 316
US\$/ t	247,96	231,32	223,85	220,00	218,05	217,30	216,60	217,22	217,22	217,22

Cuadro № 48: PRECIOS DE MATERIA PRIMA

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Acido Sulfurico 98% (US\$/t)	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
Oxido de Magnesio (US\$/t)	770	770	770	770	770	770	770	770	770	770
Agua (US\$/m3)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Cuadro № 49: PROGRAMA DE PRODUCCION Y REQUERIMIENTOS ANUALES

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
PRODUCCION										
Sal de Epsom (t)	2 308	3 389	4 290	5 125	5 573	5 767	5 961	5 961	5 961	5 961
Numero de lotes	231	339	429	513	557	577	596	596	596	596
MATERIA PRIMA										
Acido Sulfurico 98% (t)	909	1 334	1 689	2 018	2 195	2 271	2 347	2 347	2 347	2 347
Oxido de Magnesio (t)	380	558	706	843	917	949	981	981	981	981
Agua (m3)	1 224	1 798	2 276	2 719	2 957	3 059	3 162	3 162	3 162	3 162

explica por el incremento del volumen de ventas, viéndose favorecido por el margen de costos fijos, generando por consiguiente una utilidad mayor.

7.3 Financiamiento

7.3.1 Fuente de Financiamiento

Para el financiamiento del proyecto se prevé disponer de la línea de crédito de Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE), la cual cuenta con 21 líneas de crédito de las cuales se ha seleccionado la línea PROEMP, que a la vez provee de dos sublíneas, tomándose la línea de Inversión, de fácil acceso para la pequeña y mediana industria. Esta línea de crédito para préstamos en dólares americanos, tiene como plazo máximo de pago hasta 10 años, y con un tope de US\$ 300 000, pudiendo representar este monto hasta el 100% del requerimiento de inversión.

Tiene la siguiente composición de la Tasa de Interés:

Mas de 3 años a 5 años: Libor + 1,75%

Comisiones:

- De Vigilancia: 1,00 % flat

- De Compromiso: 0,75 % anual.

La tasa efectiva anual se estima en 12 %. El cuadro de tasas de Interés completa del programa COFIDE, se presenta en el Anexo 16.

7.3.2 Estructura de Financiamiento

Se estima financiar el 53 % de la inversión total del proyecto, captando el tope de préstamos dispuesto por COFIDE para la línea de crédito PROEMP, que asciende a US\$ 300 000, pagadero en un periodo de cuatro años. El 47% restante será acumulado de aportaciones uniformes de cada uno de los accionistas de la empresa. Este crédito será gestionado por un intermediario financiero. Los pagos se realizarán trimestralmente.

7.3.3 Programa de Amortización de la Deuda

El pago de la deuda se realizará con amortización constante. El programa de amortización de la deuda detallado se muestra en el cuadro siguiente:

Cuadro № 50: Servicio de la Deuda

AÑO	0	1	2	3	4
Moneda Corriente					
Deuda	300 000	225 000	150 000	75 000	0
Amortización		75 000	75 000	75 000	75 000
Interes		36 000	27 000	18 000	9 000
Pago		111 000	102 000	93 000	84 000
Moneda Constante del Año 0					
Amortización		72 816	70 695	68 636	66 637
Interes		34 951	25 450	16 473	7 996
Pago		107 767	96 145	85 108	74 633
Amort. Corr.-Amort. Const.		2 184	4 305	6 364	8 363

7.4 Estados Financieros Proyectados

Para realizar los estados financieros proyectados, se tomaran en cuenta las siguientes consideraciones:

- Capacidad Nominal : 6000 t/año.
- Periodo de Operación : 10 años.
- Días Operativos por año : 300 días.
- Factor de Servicio : 82 %.
- Monto Sujeto a Depreciación : 389 633 US\$.
- Tipo de Depreciación : Lineal (sin rescate).
- Tasa de Inflación Anual : 3,00 %.
- Tasa de descuento : 10 %.
- Impuesto a la Renta : 30 %.
- Reserva Legal : 10 % de la Utilidad Neta.
- Utilidad Retenida : 1 % de la Utilidad Neta.
- Costos de Seguro Anual : 2,0 % de la inversión.

7.4.1 Estados de Ganancias y Pérdidas

En las Cuadros №. 45 y 46 se presentan los Estados de Ganancias y Pérdidas Proyectados tanto de la evaluación económica, como el de la evaluación financiera. Se puede apreciar que la utilidad neta del primer año es muy inferior al de los demás años, esto es debido a que se inicia el proyecto con un 38% de la capacidad instalada, la cual va incrementándose progresivamente hasta el año 7, en el que se alcanza el 100% de la capacidad, obteniéndose en adelante las mas altas utilidades del proyecto.

La diferencia entre ambas evaluaciones económica y financiera se encuentra en los primeros cuatro años de operación, ya que es el periodo en que se amortiza la deuda. Se ve disminuida la utilidad financiera, debido a que el pago de intereses genera un desembolso por concepto de gastos financieros.

7.4.2 Flujo de Caja Proyectado

En las Cuadro № 47 y 48 se presentan los Flujos de Caja Proyectado, tanto de la Evaluación Económica, como para la Evaluación Financiera. El Flujo Neto de Fondos presenta valor negativo solo al inicio del proyecto, siendo la evaluación económica la que presenta el mayor valor negativo, ya que el desembolso de la inversión del proyecto es realizado con capital propio. A partir del segundo año de operación en adelante todos los valores son positivos, incrementándose progresivamente, esto se aprecia tanto en la evaluación económica como en la financiera.

Se observa además que el flujo neto de fondos, en ambas evaluaciones, es superior a los dividendos, permitiendo obtener saldo en caja, con lo cual permite el incremento constante de la caja residual.

7.4.3 Balance General Proyectado

Se presenta el Balance General Proyectado en las Cuadros № 49 y 50, tanto para la evaluación económica y para la financiera. Se aprecia que la

**Cuadro № 51: ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS-EVALUACION ECONOMICA
(US\$, Año 0)**

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	761 696	1 118 225	1 415 605	1 691 304	1 839 252	1 903 127	1 967 002	1 967 002	1 967 002	1 967 002
EGRESOS										
Materia Prima	439 819	645 686	817 400	976 594	1 062 022	1 098 905	1 135 788	1 135 788	1 135 788	1 135 788
Costos variables	44 295	49 938	54 645	62 710	65 051	66 062	67 073	70 774	70 774	70 774
Costos Fijos	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562
GASTOS DE PRODUCCION	503 677	715 187	891 607	1 058 866	1 146 636	1 184 530	1 222 423	1 226 124	1 226 124	1 226 124
UTILIDAD BRUTA	258 019	403 038	523 998	632 438	692 616	718 597	744 579	740 878	740 878	740 878
G.Administrativos	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418
G.Ventas	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237
UTILIDAD DE OPERACIÓN	189 364	334 383	455 343	563 783	623 961	649 943	675 924	672 223	672 223	672 223
Depreciación	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963
RENTA NETA	150 401	295 420	416 380	524 820	584 998	610 979	636 961	633 260	633 260	633 260
IMPUESTO A LA RENTA	45 120	88 626	124 914	157 446	175 499	183 294	191 088	189 978	189 978	189 978
UTILIDAD NETA	105 281	206 794	291 466	367 374	409 499	427 685	445 872	443 282	443 282	443 282
Reserva Legal	10 528	20 679	29 147	36 737	40 950	42 769	44 587	44 328	44 328	44 328
Utilidad Retenida	1 053	2 068	2 915	3 674	4 095	4 277	4 459	4 433	4 433	4 433
Dividendos	93 700	184 047	259 405	326 963	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521	394 521

**Cuadro № 52: ESTADO DE GANANCIAS Y PERDIDAS-EVALUACION FINANCIERA
(US\$, Año 0)**

AÑO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INGRESOS	761 696	1 118 225	1 415 605	1 691 304	1 839 252	1 903 127	1 967 002	1 967 002	1 967 002	1 967 002
EGRESOS										
Materia Prima	439 819	645 686	817 400	976 594	1 062 022	1 098 905	1 135 788	1 135 788	1 135 788	1 135 788
Costos variables	44 295	49 938	54 645	62 710	65 051	66 062	67 073	70 774	70 774	70 774
Costos Fijos	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562	19 562
GASTOS DE PRODUCCIÓN	503 677	715 187	891 607	1 058 866	1 146 636	1 184 530	1 222 423	1 226 124	1 226 124	1 226 124
UTILIDAD BRUTA	258 019	403 038	523 998	632 438	692 616	718 597	744 579	740 878	740 878	740 878
G.Administrativos	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418	23 418
G.Ventas	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237	45 237
UTILIDAD DE OPERACIÓN	189 364	334 383	455 343	563 783	623 961	649 943	675 924	672 223	672 223	672 223
G.Financieros	34 951	25 450	16 473	7 996						
Depreciación	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963
RENTA NETA	115 450	269 970	399 907	516 823	584 998	610 979	636 961	633 260	633 260	633 260
IMPUESTO A LA RENTA (30%)	34 635	80 991	119 972	155 047	175 499	183 294	191 088	189 978	189 978	189 978
UTILIDAD NETA	80 815	188 979	279 935	361 776	409 499	427 685	445 872	443 282	443 282	443 282
Reserva Legal	8 081	18 898	27 994	36 178	40 950	42 769	44 587	44 328	44 328	44 328
Utilidad Retenida	808	1 890	2 799	3 618	4 095	4 277	4 459	4 433	4 433	4 433
Dividendos	71 925	168 191	249 142	321 981	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521	394 521

Cuadro № 53: FLUJO DE CAJA PROYECTADO - EVALUACION ECONOMICA
(US\$, Año 0)

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSIONES											
Capital Fijo Propio	563 951										-60 000
Δ Cap. de Trabajo		105 518	43 983	36 687	34 367	18 252	7 880	7 880	355	0	-254 921
TOTAL INVERSION	563 951	105 518	43 983	36 687	34 367	18 252	7 880	7 880	355	0	-314 921
UTILIDAD NETA		105 281	206 794	291 466	367 374	409 499	427 685	445 872	443 282	443 282	443 282
DEPRECIACION		38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963
FLUJO NETO DE FONDOS	-563 951	38 726	201 774	293 743	371 971	430 210	458 769	476 956	481 890	482 245	797 166
Aportes	563 951	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos	0	0	93 700	184 047	259 405	326 963	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521
Saldo de Caja	0	38 726	108 074	109 696	112 566	103 247	94 315	96 316	85 064	87 724	402 645
Caja Residual	0	38 726	146 800	256 496	369 062	472 310	566 625	662 940	748 004	835 728	1 238 374

**Cuadro Nº 54: FLUJO DE CAJA PROYECTADO - EVALUACION FINANCIERA
(US\$, Año 0)**

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
INVERSIONES											
Capital Fijo Propio	263 951										-60 000
Amortización de la Deuda		72 816	70 695	68 636	66 637						
Cap. de Trabajo		105 518	43 983	36 687	34 367	18 252	7 880	7 880	355	0	-254 921
TOTAL INVERSION	263 951	178 333	114 678	105 322	101 003	18 252	7 880	7 880	355	0	-314 921
UTILIDAD NETA		80 815	188 979	279 935	361 776	409 499	427 685	445 872	443 282	443 282	443 282
DEPRECIACION		38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963	38 963
FLUJO NETO DE FONDOS	-263 951	-58 555	113 264	213 576	299 737	430 210	458 769	476 956	481 890	482 245	797 166
Aportes	263 951	58 555	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dividendos	0	0	71 925	168 191	249 142	321 981	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521
Saldo de Caja	0	0	41 339	45 385	50 594	108 229	94 315	96 316	85 064	87 724	402 645
Caja Residual	0	0	41 339	86 724	137 318	245 547	339 863	436 178	521 242	608 966	1 011 612

**Cuadro № 55: BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION ECONOMICA
(US\$, Año 0)**

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO											
Caja-Banco	0	38 726	146 800	256 496	369 062	472 310	566 625	662 940	748 004	835 728	1 238 374
Inv. Materia Prima	0	36 652	53 807	68 117	81 383	88 502	91 575	94 649	94 649	94 649	0
Inv. Prod. Proceso	0	15 680	21 475	26 309	30 891	33 296	34 334	35 372	35 473	35 473	0
Inv. Prod. Terminado	0	39 201	53 688	65 771	77 227	83 239	85 835	88 430	88 683	88 683	0
Cuentas por Cobrar	0	38 085	55 911	70 780	84 565	91 963	95 156	98 350	98 350	98 350	0
Activo Neto	563 951	524 988	486 024	447 061	408 098	369 134	330 171	291 208	252 244	213 281	174 318
TOTAL ACTIVO	563 951	693 331	817 706	934 534	1 051 226	1 138 443	1 203 696	1 270 949	1 317 404	1 366 165	1 412 691
PASIVO											
CORTO PLAZO											
Cuentas por Pagar	0	24 100	35 380	44 789	53 512	58 193	60 214	62 235	62 235	62 235	0
Dividendos	0	93 700	184 047	259 405	326 963	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521	394 521
PATRIMONIO											
Capital Social	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951	563 951
R.Legal Ac.	0	10 528	31 207	60 354	97 091	138 041	180 810	225 397	269 725	314 053	358 382
Util. Ret. Ac.	0	1 053	3 121	6 035	9 709	13 804	18 081	22 540	26 973	31 405	35 838
Pérdidas Acumuladas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL PASIVO	563 951	693 331	817 706	934 534	1 051 226	1 138 443	1 203 696	1 270 949	1 317 405	1 366 166	1 352 692

**Cuadro Nº 56: BALANCE GENERAL PROYECTADO-EVALUACION FINANCIERA
(US\$, Año 0)**

AÑO	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACTIVO											
Caja-Banco	0	0	41 339	86 724	137 318	245 547	339 863	436 178	521 242	608 966	1 011 612
Inv. Materia Prima	0	36 652	53 807	68 117	81 383	88 502	91 575	94 649	94 649	94 649	0
Inv. Prod. Proceso	0	15 680	21 475	26 309	30 891	33 296	34 334	35 372	35 473	35 473	0
Inv. Prod. Terminado	0	39 201	53 688	65 771	77 227	83 239	85 835	88 430	88 683	88 683	0
Cuentas por Cobrar	0	38 085	55 911	70 780	84 565	91 963	95 156	98 350	98 350	98 350	0
Pagos por Adelantado	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Activo Neto	563 951	524 988	486 024	447 061	408 098	369 134	330 171	291 208	252 244	213 281	174 318
TOTAL ACTIVO	563 951	654 605	712 245	764 762	819 482	911 681	976 934	1 044 187	1 090 642	1 139 403	1 185 929
PASIVO											
CORTO PLAZO											
Cuentas por Pagar	0	24 100	35 380	44 789	53 512	58 193	60 214	62 235	62 235	62 235	0
Cobros Adelantados	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amortización de la Deuda	75 000	75 000	75 000	75 000							
Dividendos	0	71 925	168 191	249 142	321 981	364 454	380 640	396 826	394 521	394 521	394 521
LARGO PLAZO											
Deuda	225 000	150 000	75 000	0							
PATRIMONIO											
Capital Social	263 951	322 506	322 506	322 506	322 506	322 506	322 506	322 506	322 506	322 506	382 506
R. Legal Ac.	0	8 081	26 979	54 973	91 151	132 100	174 869	219 456	263 784	308 113	352 441
Util. Ret. Ac.	0	808	2 698	5 497	9 115	13 210	17 487	21 946	26 378	30 811	35 244
Pérdidas Acumuladas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Efecto de la Inflación	0	2 184	6 490	12 854	21 218	21 218	21 218	21 218	21 218	21 218	21 218
TOTAL PASIVO	563 951	654 605	712 245	764 762	819 482	911 681	976 934	1 044 187	1 090 642	1 139 403	1 185 929

mayor parte del activo corriente es financiado por el pasivo corriente, a su vez la liquidez del proyecto para ambas evaluaciones es apreciada por la generación de Caja-Banco, la cual se ve incrementando con el transcurso del proyecto.

7.5 Justificación Económica

Para el análisis de rentabilidad del proyecto, se tomarán en cuenta los principales indicadores, los cuales se resumen en el Cuadro Nº 51. A continuación se explicara brevemente su implicancia en la ejecución del proyecto de cada uno de ellos.

7.5.1 Valor Presente Neto (VPN)

Representa la suma de los flujos netos de fondo descontados al 10 % del año 0. Los valores obtenidos son:

VPN (económico)	US\$ 1 620 274
VPN (financiero)	US\$ 1 649 120

Se puede notar que el proyecto es altamente rentable y que permite recuperar la inversión inicial, obteniendo ganancias muy superiores al triple de esta cantidad, con un margen mayor para la evaluación financiera debido al apalancamiento.

7.5.2 Tasa de Interés de Retorno (TIR)

Es el valor en la que la tasa hace que el VPN sea igual a cero. Viene a ser la tasa de interés real que nos proporciona el proyecto.

TIR (económico)	42 %
TIR (financiero)	54 %

Se puede notar que el proyecto nos brinda un rendimiento superior a cuatro veces el valor mínimo exigido (tasa de descuento: 10 %) para la evaluación económica y de mas de cinco veces para la evaluación financiera. También son mucho mayores en alrededor de tres y cuatro veces mas a la

Cuadro Nº 57 : Indicadores de Rentabilidad

Valor Presente Neto (US\$)			
ECONOMICA		1 620 274	
FINANCIERA		1 649 120	
Tasa de Interés de Retorno			
ECONOMICA		42%	
FINANCIERA		54%	
Indice del Valor Presente			
Tipo Eval.	VPN	VPN(inversión)	IVP
ECONOMICA	1 620 274	645 837	2,51
FINANCIERA	1 649 120	567 539	2,91
Relación Beneficio/Costo			
Tipo Eval.	VPB	VPC	B/C
ECONOMICA	9 571 217	6 014 668	1,59
FINANCIERA	10 001 427	6 014 668	1,66
Datos para el Periodo de Recupero			
AÑO	VPNA (MUS\$)		
	ECONOMICA	FINANCIERA	
0	-564	-264	
1	-529	-317	
2	-362	-224	
3	-141	-63	
4	113	142	
5	380	409	
6	639	668	
7	884	912	
8	1108	1137	
9	1313	1342	
10	1620	1649	
Periodo de Recupero(años)	3,5	3,2	

tasa de interés que se pagaría por el préstamo de COFIDE (12 %), tanto para la evaluación económica y financiera respectivamente.

7.5.3 Relación Beneficio Costo (B/C)

Este indicador permite determinar cuantos dólares ingresa al proyecto por cada dólar que se invierte en el mismo.

Relación B/C (económico): 1,59

Relación B/C (financiero) : 1,66

Se aprecia que por cada dólar que sale como egreso del proyecto ingresa poco mas de la mitad adicionalmente, generando una utilidad efectiva mayor al 50 %, haciendo atractiva la inversión.

7.5.4 Índice del Valor Presente

Indica cuantos dólares de rentabilidad se obtiene por cada dólar invertido a lo largo del horizonte de planeamiento del proyecto.

IVP (económico) 2,51

IVP (financiero) 2,91

Se puede notar que por cada dólar invertido, esta genera una ganancia mínima de 251 %, asegurando la rentabilidad del proyecto, siendo 40 % mayor para el análisis financiero.

7.5.5 Periodo de Recupero

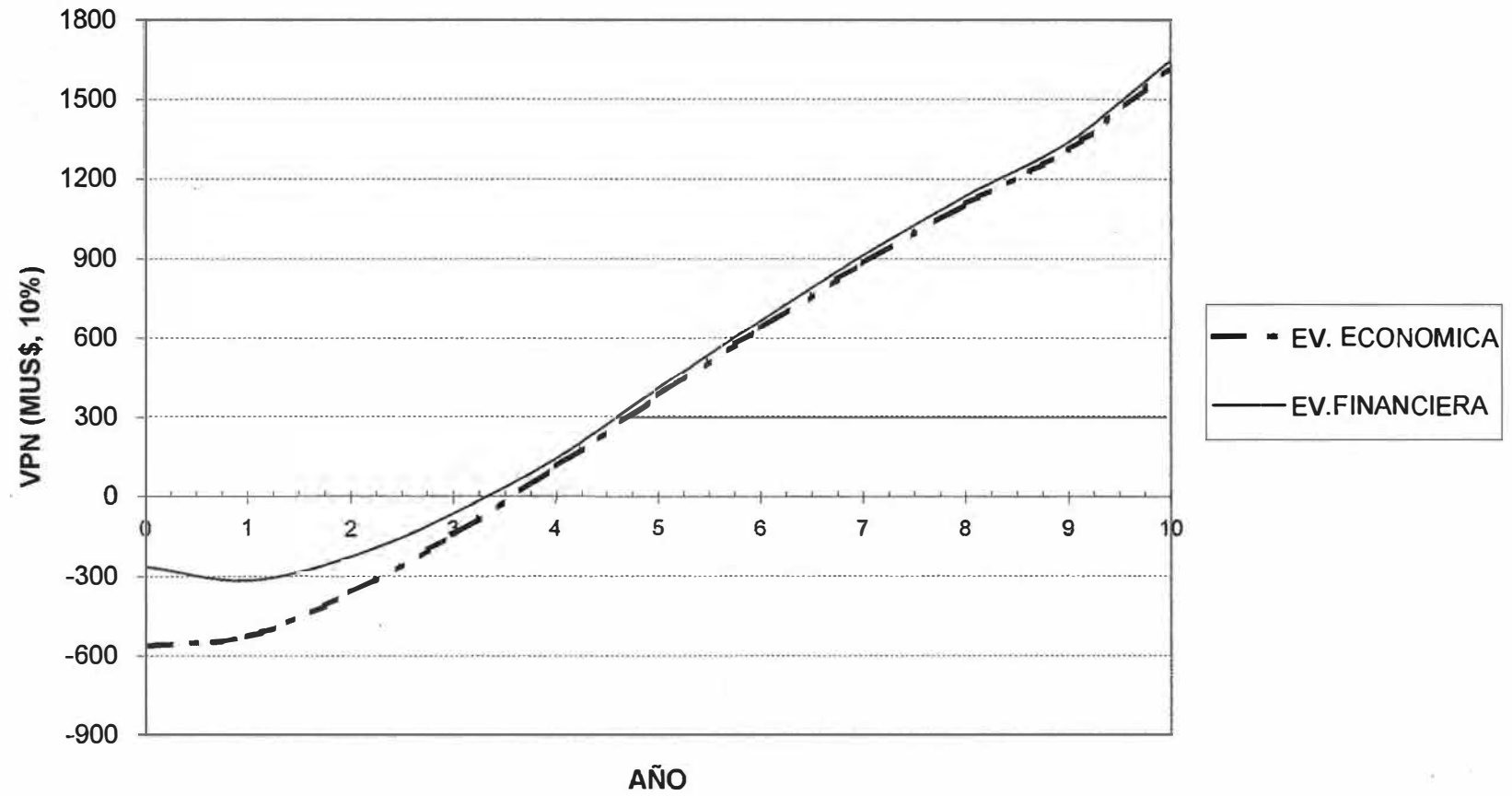
Indica el tiempo en el que se recupera toda la inversión, a partir de dicho periodo los flujos netos de fondos son únicamente rentabilidad.

PR (económico) : 3,5 años

PR (financiero) 3,2 años

El periodo de recupero es medianamente alto, e indica que a la tercera parte del horizonte de planeamiento (10 años), ya todo el dinero invertido será recuperado, con un margen mayor para la evaluación financiera, tal como se aprecia en el Diagrama N° 10.

Diagrama № 10: PERIODO DE RECUPERO



7.5.6 Análisis de Sensibilidad

Se analizara la sensibilidad del proyecto en función de la materia prima, precio de venta, inversión y los costos fijos, considerándose estas por ser las variables que con mayor probabilidad podrían sufrir variaciones durante la ejecución del proyecto debido al comportamiento del mercado interno y externo, así como a la variación de la oferta y de la demanda. La tabla de datos se presenta en los Cuadros № 52 y 53. La grafica tanto para la evaluación económica y financiera se presenta en el Diagrama № 11 y № 12.

Del análisis de sensibilidad, se concluye que:

- El proyecto es muy sensible al precio de venta (mayor pendiente), apreciándose con pendiente positiva, lo que indica que el VPN, varia en relación directa con el incremento del precio de venta de SMH.
- La segunda variable en importancia es el precio de las materias primas, de las que el oxido de magnesio es la de mayor importancia ya que su precio es fijado por el mercado externo, la cual varia en relación inversa con el VPN del proyecto, representa una incertidumbre o riesgo moderado en la variación de la rentabilidad del proyecto.
- El monto de la inversión inicial no afecta significativamente al proyecto, mas aun la estabilidad económica del país no prevé peligrar el incremento de precios de los equipos e infraestructura requeridos en un periodo de inicio cercano, varía en relación inversa al VPN.
- En lo que respecta al costo fijo, esta variable no presenta mayor riesgo en la rentabilidad del proyecto y se puede considerar que su variación es no sensible a la rentabilidad del proyecto.

Cuadro № 58: MATRIZ ANALISIS SENSIBILIDAD ECONOMICO

BETA	VPN (MUS\$)			
	M.PRIMA	PRECIO VENTA	INVERSION	C.FIJO
0,80			1 733 063	
0,85			1 704 866	
0,90	1 881 337	954 294	1 676 668	1 620 716
0,95	1 750 805	1 287 283	1 648 471	1 620 495
1,00	1 620 273	1 620 273	1 620 273	1 620 273
1,05	1 489 741	1 953 263	1 592 076	1 620 052
1,10	1 359 209	2 286 252	1 563 878	1 619 830
1,15	1 228 677	2 619 242	1 535 680	
1,20	1 098 145	2 952 232	1 507 483	
1,25	967 612			

Cuadro № 59: MATRIZ ANALISIS SENSIBILIDAD FINANCIERO

BETA	VPN (MUS\$)			
	M.PRIMA	PRECIO VENTA	INVERSION	C.FIJO
0,80			1 761 910	
0,85			1 733 713	
0,90	1 910 184	983 140	1 705 515	1 649 563
0,95	1 779 652	1 316 130	1 677 317	1 649 341
1,00	1 649 120	1 649 120	1 649 120	1 649 120
1,05	1 518 588	1 982 109	1 620 922	1 648 898
1,10	1 388 055	2 315 099	1 592 725	1 648 677
1,15	1 257 523	2 648 089	1 564 527	
1,20	1 126 991	2 981 078	1 536 329	
1,25	996 459			

Diagrama № 11: ANALISIS DE SENSIBILIDAD ECONOMICO

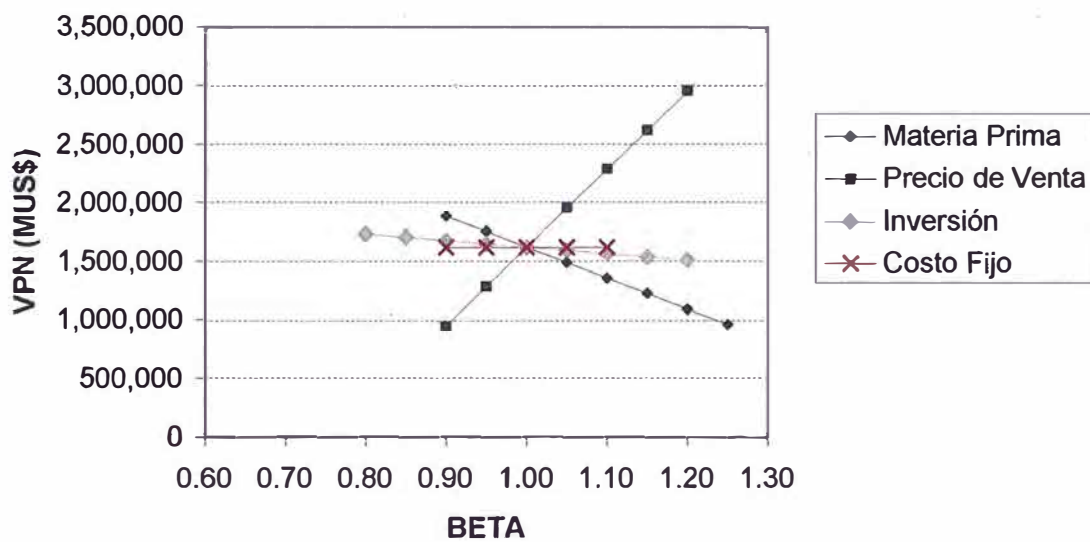
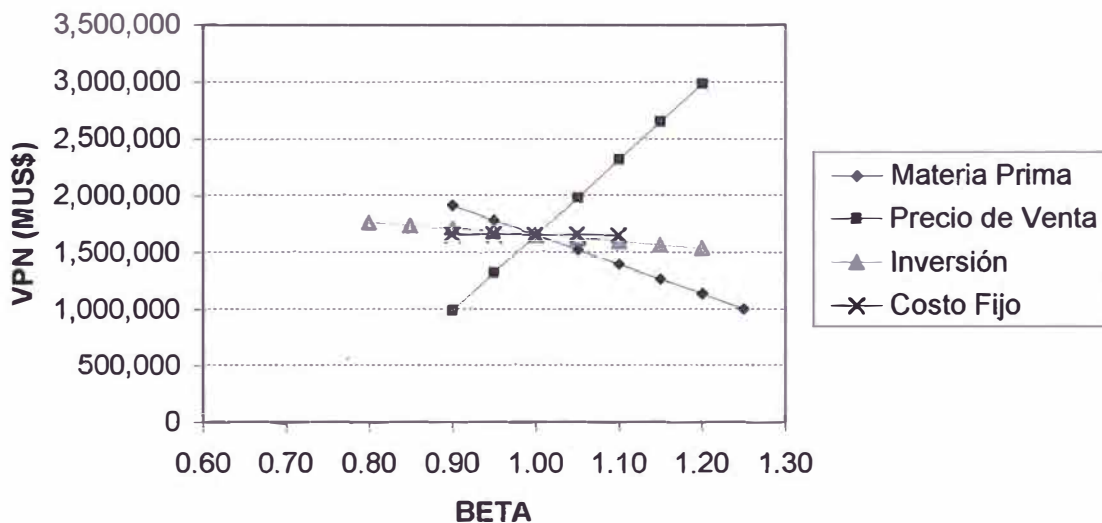


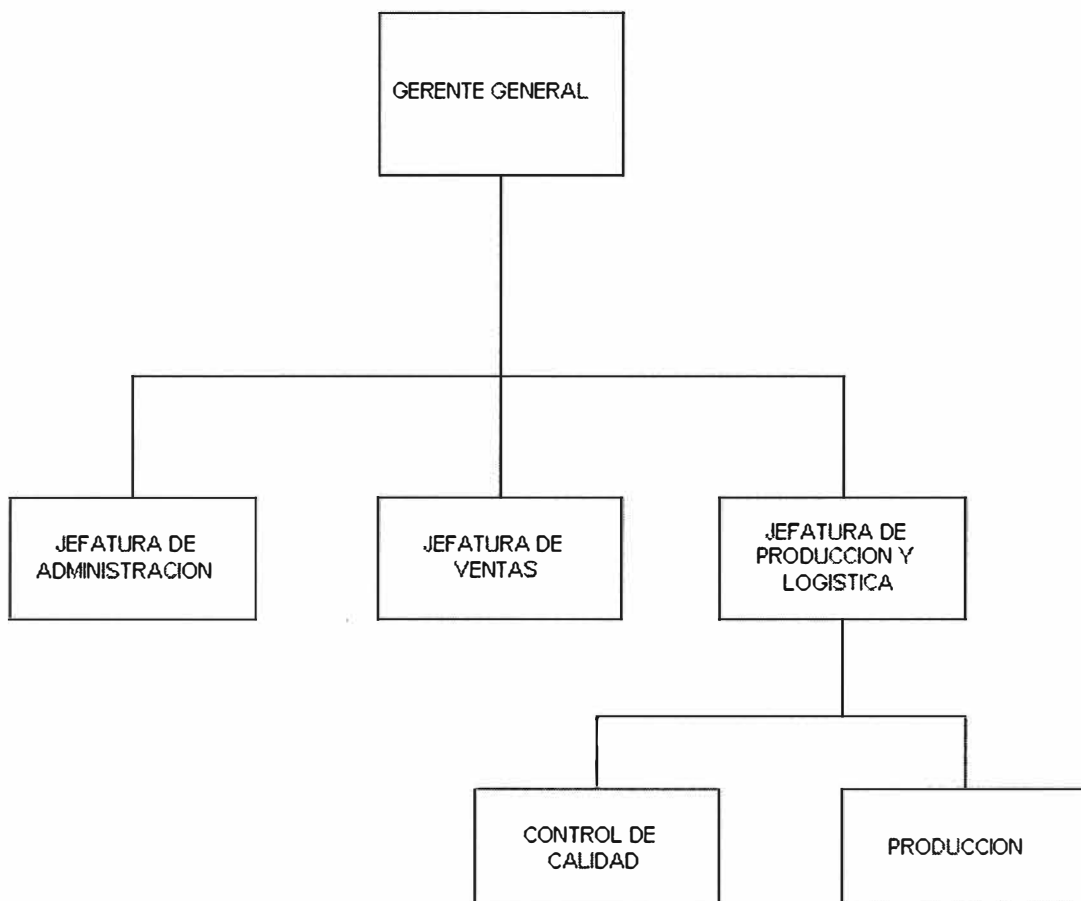
Diagrama № 12: ANALISIS DE SENSIBILIDAD FINANCIERO



VIII. ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACION

Se plantea la organización de la empresa, bajo un esquema simple, dado que la magnitud de la inversión inicial no es considerable y el proceso de producción no es complicado, estableciéndose solo tres jefaturas intermedias. Se planea manejar la estructura de la organización y administración bajo el siguiente esquema:

Diagrama № 13
ESTRUCTURA DE ORGANIZACION Y
ADMINISTRACION



IX. CONCLUSIONES

- Las materias primas son fáciles de conseguir en el mercado. El óxido de magnesio, tiene garantizado su abastecimiento anual, y existen en Brasil, India y China canteras de este mineral con las características de calidad seleccionada.
- Hay una buena oportunidad para el desarrollo del mercado, por la necesidad de optimizar y reducir el consumo de agua de riego y fertilizantes en los cultivos, que es favorecido por el empleo de riego tecnificado, donde el producto tiene su principal aplicación.
- Hay terrenos industriales disponibles en el Callao, colindantes con las avenidas Argentina y Néstor Gambetta, que se prevén como posibles ubicaciones de la planta. Estos lugares son favorables por su fácil acceso a las líneas de gas natural, proveniente de Camisea, ya en operación.
- Existe disponibilidad de terrenos en la zona planteada para su ubicación y más aun esta, se ve favorecida por el fácil acceso a las líneas de gas natural, proveniente de Camisea, ya en operación.
- La reacción entre el ácido sulfúrico y el hidróxido de magnesio con adición previa de licor, es casi inmediata y altamente exotérmica, y requiere solo de agitación mecánica, para homogenizar la solución resultante de sulfato de magnesio al 38%. Se prosigue luego con la filtración de la solución a 60 °C en filtro prensa. Finalmente es enfriado y secado los cristales de SMH (Sulfato de Magnesio Heptahidratado) y se separa del licor madre en una centrifuga.
- La conversión en la reacción del hidróxido con el ácido sulfúrico es de 99% y el rendimiento obtenido en la etapa de cristalización del SMH es de 65%.
- La mayoría de los equipos requeridos para su fabricación se encuentran disponibles en el mercado local.

- El control de calidad de los insumos, materias primas así como del producto terminado es bastante sencillo, no requiere mayor inversión en la implementación del laboratorio así como en los métodos de análisis.
- Se concluye que el impacto ambiental del proyecto es reducido. Solo requiere especial atención durante el manejo del ácido sulfúrico y los residuos generados en la filtración.
- El financiamiento del proyecto es de fácil acceso de acuerdo al programa COFIDE, Y existen entidades bancarias que ofrecen créditos de disponibilidad inmediata.
- El proyecto es económicamente rentable, con un VPN (Valor Presente Neto) de US\$ 1 657 814 y una TIR (Tasa de Interés de Retorno) de 54 %, por lo que se recomienda su ejecución inmediata.
- El periodo de recuperación de la inversión es de 3 años y 2 meses, lo que confirma la buena oportunidad de inversión de este proyecto.
- El precio de venta del SMH, es la variable más sensible que podría tener injerencia en la rentabilidad durante la ejecución del proyecto. Pero dadas las condiciones actuales de estabilidad económica, no se prevé mayor riesgo.

X. RECOMENDACIONES

- Es de gran importancia verificar las características de calidad de las materias primas, principalmente del óxido de magnesio, para la obtención del producto que cumpla con las expectativas del mercado.
- Se debería considerar diversificar la producción de sulfatos, como el sulfato férrico, y sulfato de aluminio, aprovechando las etapas comunes de producción, dándoles mayor utilización y eficiencia al empleo de los equipos de proceso.
- Por ser un producto aplicado en un mercado en etapa de desarrollo, deberá de ejecutarse el proyecto bajo las condiciones estimadas de capacidad instalada de planta, en el breve plazo posible.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. VALLE-RIESTRA, J. Frank. "Project Evaluation in the Chemical Process Industries". Editorial Mc Graw Hill. México. 1983.
2. TISDALE, Samuel; WERNER, Nelson. "Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes". Editorial Uteha. México. 1991.
3. NORIEGA Editores. "Manual de Fertilizantes". Editorial Limusa. México. 1992.
4. DOUGLAS, Kirk. "Enciclopedia de Tecnología Química". Editorial Limusa. México. 1978
5. VIVANCO, Alonso Domiguez. "Fertirrigación". Ediciones Mundi-Prensa. España. 1993.
6. SPEIGHT, James G. "Chemical and Process Design Handbook". Editorial Mc Graw Hill. México. 2002.
7. FOUST, Alan. "Principios de Operaciones Unitarias". Compañía Editorial Continental. México. 1985.
8. AUSTIN, George. "Manual de Procesos Químicos en la Industria". Editorial Mc Graw Hill. Colombia. 1997.
9. KERN, Donald. "Procesos de Transferencia de Calor". Compañía Editorial Continental. México. 1987.
10. BUTHOD, P. "Process Component Design". Universidad de Tulsa. Estados Unidos. 1995.
11. DEAN, Jhon. "Lange Manual de Química". Editorial Mc Graw Hill. México. 1989.
12. PERRY, Jhon. "Manual del Ingeniero Químico". Editorial Mc Graw Hill. México. 1994.
13. Instituto Nacional de Estadística e Informática; "Perú Compendio Estadístico". Perú. 2007.
14. Presidencia de la Republica. "Reglamento de Limites Permisibles Para Agentes Químicos en el Ambiente de Trabajo". Diario Oficial El Peruano. Perú. 2005.

15. LEZAMETA, Carlos; PORRAS, Emilio. "Estudio de Factibilidad Plantación de Espárrago en el Fundo Fray Ramón". Perú. 1995.
16. CASTILLEJO, F. "Producción de Borato de Zinc". Tesis de Grado; Universidad Nacional de Ingeniería. Perú. 2002.
17. DIAZ, Carlos Rubén. "Análisis a los factores de Producción Agrícola en el Valle de Virú". Tesis Magister Ciencia; Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú. 1999.
18. LANGER, Theodore. "Process for Producing Uniform Epsom Salt". United States Patent, US 2034685. Estados Unidos. 1936.
19. SHELDON, B. Heath. "Crystallization Process". United States Patent, US 1815735. Estados Unidos. 1931
20. GENCK, W. "Better Growth in Batch Crystallizers". Chemical Engineering Nº107. Estados Unidos. 2000.
21. GENK, Wayne. "It is Cristal Clear". Chemical Processing Magazine. Estados Unidos. 2003.
22. Infogestion. "Información de Comercio Exterior de Exportación e Importación de Óxido de Magnesio y SMH". Perú. 2007
23. RAMIREZ D., Federico. "Consumo de Fertilizantes en el Perú". Corporación Misti S.A. Perú.
http://200.20.105.7/cytedxiii/Fertilizantes/Presentacion_Fertilizantes%20en%20Per%C3%BA%20_2000.doc.
24. HERNÁNDEZ Gil, Rubén. "Libro de Botánica Online". Venezuela.
<http://www.forest.ula.ve/~rubenhg>.
25. Martín Marieta Magnesia Specialties LLC. "Leading Suplier of Magnesium Oxide and Magnesium Hydroxide Products". Estados Unidos.
[http:// www.magspecialties.com/students.htm](http://www.magspecialties.com/students.htm).

ANEXOS

ANEXO 1.- METODOS DE ANALISIS DE OXIDO DE MAGNESIO

a) Determinación de Insolubles

Objetivo: Determinación del contenido de impurezas, tales como oxido de hierro, y otras sales, expresado como insolubles.

Materiales y Reactivos:

- Acido Clorhídrico G.R.
- Fiola de 500 ml.
- Balanza Analítica electrónica de +/- 0,1 mg de precisión.
- Plancha de Calentamiento de 0 – 300 °C.
- Bomba de Vacío.
- Estufa de 100°C.
- Desecador de Silica.
- Papel Whatman Nro. 42.
- Kitasato.
- Embudo de porcelana.
- Luna de reloj.
- Pipeta volumétrica de 10 y 20 ml.
- Agua Destilada.

Procedimiento:

- Pesar 1 g de oxido de magnesio, en vaso de 250 ml. limpio y seco, en balanza analítica con precisión de 0,1 mg y agregar 10 ml. De agua destilada, humectando el oxido con ayuda de una bagueta, hasta hacer una pequeña pasta.
- Agregar cuidadosamente 10 ml de HCl concentrado, evitando salpicaduras, homogenizar con la bagueta, agregar aprox. 30 ml. De agua destilada, luego de un minuto colocar la luna de reloj sobre el vaso y llevarlo a la plancha de calentamiento.
- Dejarlo por espacio de 1 hora en la plancha, reponer con agua destilada lo perdido por evaporación, evitando sequedad.

- Armar el sistema de filtración, compuesto de bomba de vacío, kitasato, embudo de porcelana y kitasato. Previamente preparar papel filtrante, colocando en crisol de aluminio por 1 hora en la estufa a 100 °C y luego por una hora en el desecador, seguidamente registrar el peso con precisión de 0,1 mg, como peso de crisol vacío.
- Colocar adecuadamente el papel filtrante en el embudo, enrasar a 200 ml de agua en el vaso de la muestra y filtrar.
- Enjuagar el vaso con tres porciones de agua destilada, así como enjuagar el papel filtrante por las paredes con 5 porciones de agua destilada.
- La solución filtrada en el kitasato, transferirla a una fiola de 500 ml. y luego enrasarla cuidadosamente.
- Colocar el papel filtrante en el crisol de aluminio y llevarlo a la estufa a 100 °C por 1 hora sin la tapa del crisol.
- Seguidamente llevarlo al desecador por 1 hora, colocando la tapa del crisol, y finalmente registrar el peso en una balanza analítica.

Cálculos y Resultados:

$$\%INSOLUBLE = \frac{(W_f - W_o)}{w_m} \times 100$$

Donde:

W_f = Peso final de crisol.

W_o = Peso inicial de crisol.

W_m = Peso de muestra.

b) Determinación de Dureza

Objetivo: Determinación de la cantidad de óxido de magnesio y óxido de calcio.

Materiales y Reactivos:

- Pipeta volumétrica de 20 ml.
- Agua destilada.
- Indicador Negro de Ericromo.

Expresando el contenido de magnesio como oxido de magnesio:

$$\%MgO = \frac{\%CaCO3(Mg) \times 40}{100,09}$$

Expresando el contenido de Calcio como oxido de calcio:

$$\%CaO = \frac{\%CaCO3(Ca) \times 56}{100,09}$$

c) Determinación del Contenido de Hierro

Objetivo: Determinación del contenido de hierro expresado como óxido de hierro.

Materiales y Reactivos

- Solución de Tiocianato de Amonio al 30 %.
- Persulfato de Amonio.
- HCl 1:1.
- Agua Destilada.
- Pipetas de 2 ml y 20 ml.
- 2 Tubos Nessler.
- Probeta de 50 ml.
- Gradilla portatubo Nessler.

Procedimiento

- De la fiola de 500 ml, tomar una alícuota de 20 ml y colocarlo en un tubo Nessler.
- Agregarle 30 ml de agua destilada, paralelamente colocar en otro tubo nessler (blanco), 50 ml de agua destilada.
- Agregar 2 ml de HCl 1:1 a ambos tubos y agitar levemente.
- Agregar 30 mg de persulfato de amonio a ambos tubos y disolver completamente.
- Agregarles 3 ml de Tiocianato de Amonio a ambos tubos.
- Agitar hasta que tome una coloración uniforme en todo el volumen, agregar patrón Fe⁺² 0,1 ppm con pipeta volumétrica de 2 ml al tubo

Nessler (blanco), gota a gota hasta que tome la coloración de la muestra. Registrar el volumen gastado de patrón.

Cálculos y Resultados:

$$\%Fe_2O_3 = \frac{0,014297 \times Vg}{wm}$$

Vg = Volumen gastado de solución patrón de hierro 0,1N.

wm = Peso de muestra

d) Determinación de la Pérdida por Calcinación

Objetivo: Determinación del contenido de pérdida por calcinación.

Materiales y Reactivos:

- Mufla de 0 – 1000 °C.
- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.
- Crisol de platino.
- Desecador de sílica.
- Estufa de 100 °C.
- Mechero Bunsen.
- Pinza.

Procedimiento:

- Prepara el crisol de platino, colocando 10 min en el mechero bunsen, luego a la estufa por 5 min y finalmente al desecador 30 min. Pesar en balanza analítica de +/- 0,1 mg de precisión.
- Pesar aprox. 1 g de muestra en el crisol de platino.
- Colocar en la estufa de 105 °C por 1 h.
- Enfriar en el desecador por 30 min y registrar el peso.
- Seguidamente llevar el crisol al mechero bunsen por 10 min y luego a la mufla, previamente acondicionada a 800 °C, por 2 horas.
- Llevar a la estufa, acondicionada a 100 °C, por 5 min.
- Llevar al desecador por 30 min y pesar.

- Solución de EDTA 0,10 N.
- Solución de EDTA 0,010 N.
- Solución de NaOH 1 N.
- Indicador Azul de hidroxinaftol.
- Bureta de 50 ml.

Determinación de Dureza Total

Procedimiento:

- Tomar una alícuota de 10 ml. de la muestra de la fiola de 500 ml.
- Agregar 10 ml. de solución buffer pH=10.
- Agregar 30 mg De indicador Negro de Ericromo.
- Colocar la solución de EDTA 0,10 N en la bureta y titular hasta viraje a azul, registrar el volumen gastado.

Determinación del contenido de Calcio:

- Tomar una alícuota de 20 ml. de muestra de la fiola de 500 ml.
- Agregar de 20 ml. de solución de NaOH, y agregar 30 mg De indicador azul de hidroxinaftol.
- Titular con solución de EDTA 0,01 N.

Cálculos y Resultados:

De la dureza total, se tiene:

$$\%CaCO_3 (Ca + Mg) = \frac{1,0009 \times F \times Vg}{w}$$

Del contenido de Calcio, obtenemos:

$$\%CaCO_3 (Ca) = \frac{F \times Vg \times 0,04}{w}$$

Restando ambas ecuaciones obtenemos el contenido de magnesio, expresado como carbonato de calcio.

$$\%CaCO_3 (Mg) = \%CaCO_3 (Ca + Mg) - \%CaCO_3 (Ca)$$

Cálculos y Resultados:

$$\%PPC = \frac{(W_{ms} - W_f) \times 100}{w_m}$$

W_{ms} = Peso de muestra seca mas crisol, libre de humedad.

W_f = Peso de muestra final mas crisol.

w_m = Peso de muestra

e) Determinación del Contenido de Humedad

Objetivo: Determinar el porcentaje humedad contenida en el óxido de magnesio.

Materiales:

- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.
- Crisol de aluminio.
- Desecador de sílica.
- Estufa de 100 °C.

Procedimiento:

- Pesar crisol limpio y libre de humedad, en la balanza, registrado el peso.
- Adicionar al crisol aprox. 2,0 g de muestra de óxido de magnesio en la balanza.
- Llevar el crisol con la muestra a la estufa a 100 °C por 1 h.
- Retirar la muestra de la estufa, taparla y llevarla al Secador de sílica, por espacio de 1 h.
- Pesar la muestra en la balanza analítica.

Cálculos y Resultados:

$$\%Humedad = \frac{(W_c + W_m - W_f)}{W_m} \times 100$$

W_c = Peso de crisol vacío.

W_m = Peso de la muestra.

W_f = Peso final del crisol.

ANEXO 2.- METODO DE ANALISIS DE ACIDO SULFURICO

a) Determinación de la Concentración de Acido Sulfúrico

Objetivo: Determinar la concentración de ácido sulfúrico en la muestra.

Materiales:

- Balanza analítica de +/- 0,1 mg de precisión.
- Frasco gotero.
- Solución de Hidróxido de Sodio 0,5 N.
- Titulador Automático de 0,05 ml de precisión.
- Matraz de Erlenmeyer.
- Indicador Fenolftaleina.
- Piceta de Agua Destilada.
- Probeta graduada de 50 ml.

Procedimiento:

- Tomar la muestra con bastante cuidado en el frasco gotero aprox. 1 ml.
- Pesar en un Erlenmeyer de 250 ml aproximadamente 0,3 a 0,4 ml de muestra
- Agregar 30 ml de agua destilada y homogenizar la muestra.
- Agregar dos gotas de indicador Fenolftaleina y titular con solución de Hidróxido de Sodio 0,5 N, y anotar el volumen gastado.

Cálculos y Resultados:

Reemplazar los datos en la siguiente fórmula:

$$\%H_2SO_4 = \frac{V_{NaOH} \times 0,5 \times 4,904}{W_m}$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de hidróxido de sodio.

W_m = Peso de muestra.

b) Determinación de Hierro

Objetivo: Determinación del contenido de hierro expresado como óxido de hierro en una muestra de ácido sulfúrico.

Materiales y Reactivos

- Solución de Tiocianato de Amonio al 30 %.
- Persulfato de Amonio.
- HCl 1:1.
- Agua Destilada.
- Pipetas de 2 ml y 20 ml.
- 2 Tubos Nessler.
- Probeta de 50 ml.
- Gradilla portatubo Nessler.
- Frasco gotero.

Procedimiento

- Pesar en la balanza analítica aprox. 10 g de muestra de ácido sulfúrico en un erlenmeyer, pesándolo de manera indirecta, pesando el frasco gotero al inicio, presionar botón de tara en la balanza, verter la muestra al erlenmeyer y volver a colocar nuevamente el frasco..
- Agregar 20 ml de agua destilada y homogenizar la muestra..
- Agregarle a un tubo nessler y completar el volumen a la marca de 50 ml con agua destilada, paralelamente colocar en otro tubo nessler (blanco), 50 ml de agua destilada.
- Agregar 2 ml de HCl 1:1 a ambos tubos y agitar levemente.
- Agregar 30 mg de persulfato de amonio a ambos tubos y disolver completamente.
- Agregarles 3 ml de Tiocianato de Amonio a ambos tubos.
- Agitar hasta que tome una coloración uniforme en todo el volumen, agregar patrón Fe^{+2} 0,1 ppm con pipeta volumétrica de 2 ml al tubo Nessler (blanco), gota a gota hasta que tome la coloración de la muestra. Registrar el volumen gastado de patrón.

Cálculos y Resultados:

$$Fe_2O_3(ppm) = \frac{142,97 \times Vg}{wm}$$

Vg = Volumen gastado de solución patrón de hierro 0,1 N.

wm = Peso de muestra

ANEXO 3.- ANALISIS DE SULFATO DE MAGNESIO HEPTAHIDRATADO

a) Determinación de Insolubles

Objetivo: Determinación del contenido de impurezas, tales como oxido de hierro, y otras sales, expresado como insolubles.

Materiales y Reactivos:

- Balanza Analítica electrónica de +/- 0,1 mg de precisión.
- Plancha de Calentamiento de 0 – 300 °C.
- Bomba de Vacío.
- Estufa de 100 °C.
- Desecador de Silica.
- Papel Whatman Nro. 42.
- Kitasato.
- Embudo de porcelana.
- Agua Destilada.

Procedimiento:

- Pesar 10,0 g de muestra de sulfato de magnesio, en vaso de 250 ml limpio y seco, en balanza analítica con precisión de 0,1 mg y agregar 30 ml de agua destilada caliente, y con ayuda de una bagueta disolver completamente.
- Armar el sistema de filtración, compuesto de bomba de vacío, kitasato, embudo de porcelana y kitasato. Previamente preparar papel filtrante, colocando en crisol de aluminio por 1 hora en la estufa a 100 °C y luego por una hora en el desecador, seguidamente registrar el peso con precisión de 0,1 mg, como peso de crisol vacío.
- Enjuagar el vaso con tres porciones de agua destilada.
- Colocar el papel filtrante en el crisol de aluminio y llevarlo a la estufa a 100 °C por 1 hora sin la tapa del crisol.
- Seguidamente llevarlo al desecador por 1 hora, colocando la tapa del crisol, y finalmente registrar el peso en una balanza analítica.

Cálculos y Resultados:

$$\%Insoluble = \frac{(Wf - Wo)}{wm} \times 100$$

Donde:

Wf = Peso final de crisol.

Wo = Peso inicial de crisol.

Wm = Peso de muestra.

b) Determinación de Calcio

Objetivo.- Determinación del contenido de calcio en sulfato de magnesio por titulación.

Materiales y Reactivos

- Solución de EDTA 0,01 N.
- Vaso de pirex de 250 ml.
- Solución de NaOH 1 N.
- Agua Destilada.
- Azul de Hidroxinaftol.
- Balanza analítica de 0,1 mg de precisión.

Procedimiento

- Pesar 10 g de muestra en vaso de 250 ml.
- Disolver en 50 ml de Agua destilada.
- Agregar 45 ml de solución de NaOH 1 N, verificar que pH sea mayor
- Titular con solución de EDTA 0,01 N, hasta viraje a rojo violáceo.

Cálculos:

$$\%CaCO_3 = \frac{F \times Vg \times 0,04}{w}$$

$$\%Ca = \frac{\%CaCO_3 \times 40}{100,09}$$

F = Factor de la solución de EDTA 0,01 N.

Vg = Volumen de titulante gastado en mililitros.

W = Peso de la muestra en gramos.

c) Determinación del Contenido de Magnesio

Objetivo: Determinación del contenido total de dureza calcio-magnesio, para luego por diferencia calcular el contenido de magnesio.

Materiales y Reactivos:

- Solución buffer pH = 10
- Indicador Negro de Ericromo.
- Vaso de pirex de 250 ml.
- Solución de EDTA 0,1 N.
- Balanza electrónica de 0,1 mg de precisión.

Procedimiento:

- Pesar 2,0 +/- 0,1 mg de muestra en vaso de 250 ml.
- Disolver la muestra en 40 ml de agua destilada.
- Adicionar 10 ml de solución buffer pH=10.
- Agregar aproximadamente 30 mg de Indicador NET.
- Titular con una solución de EDTA 0,1 N, hasta viraje a azul, anotar el volumen.

Cálculos:

Se calcula la dureza total expresado como porcentaje de carbonato de calcio:

$$\%CaCO_3(Ca + Mg) = \frac{1.0009 \times F \times Vg}{w}$$

De la Ec. De cálculo de contenido de calcio expresado como carbonato, se tiene:

$$\%CaCO_3(Ca) = \frac{F \times Vg \times 0.04}{w}$$

Realizando la diferencia de ambas ecuaciones se obtiene el contenido de magnesio expresado como carbonato de calcio:

$$\%CaCO_3(Mg) = \%CaCO_3(Ca + Mg) - \%CaCO_3(Ca)$$

De donde:

$$\%MgSO_4 \cdot 7H_2O = \frac{\%CaCO_3(Mg) \times 246.3}{100.09}$$

$$\%Mg = \frac{\%CaCO_3(Mg) \times 24.3}{100.09}$$

d) Determinación de Cloruros

Objetivo: Determinar el contenido de cloruros en una muestra sulfato de magnesio.

Materiales y Reactivos:

- Matraz de 250 ml.
- Bureta graduada de 50 ml.
- Solución de HNO₃ 1:1.
- Solución de NaOH.
- Hidrogeno carbonato de sodio.
- Bicromato de Potasio.
- AgNO₃ 0.1 N.
- Agua Destilada.
- Indicador Naranja de Metilo.

Procedimiento:

- Pesar 0.5 gr. de muestra en un matraz de 250 ml.
- Agregar 250 ml. de agua destilada y disolver.
- Tomar una alícuota de 25 ml. Y transferirlo a un matraz.
- Agregar una gota de Naranja de Metilo.
- Si el color se torna amarillo, agregar unas gotas de HNO₃ 1:1, hasta que vire a color rojo.
- Si la solución se torna roja, agregar gota a gota NaOH hasta que vire a amarillo, y vuelva a obtener a agregar una gota de HNO₃ 1:1, para obtener la coloración roja nuevamente.
- Agregar 1 g de HNaCO₃ y disolver completamente.

- Agregar 1 ml. de solución de Bicromato de Potasio.
- Titular con AgNO_3 0.1 N, hasta que vire a color café rojiza en la solución sobrenadante.

Cálculos:

Se reemplazan los datos obtenidos en la siguiente ecuación:

$$\%Cl^- = \frac{V_{AgNO_3} \times F_{AgNO_3} \times 3,546}{wm}$$

V_{AgNO_3} = Volumen gastado de Nitrato de Plata.

F_{AgNO_3} = Factor de Solución de Nitrato de Plata.

Wm= Peso de muestra.

e) Determinación del Contenido de Humedad

Objetivo: Determinar el contenido de humedad en la muestra de SMH

Materiales:

- Balanza de Humedad.
- Crisol de Platino.

Procedimiento:

- Colocar en la balanza de humedad y pesar aprox. 1 g de muestra +/- 0,1 mg. Anotar el valor.
- Cerrar la balanza, regular la temperatura de determinación de humedad a 60 °C y presionar el botón de inicio.
- Luego de transcurrido unos minutos, en la pantalla de la balanza aparecerá el valor de la humedad de la muestra directamente.

Resultados:

- La balanza registra en la pantalla directamente el valor de humedad.

ANEXO 4.- ESPECTROS DE HIDRATOS DE SULFATO DE MAGNESIO

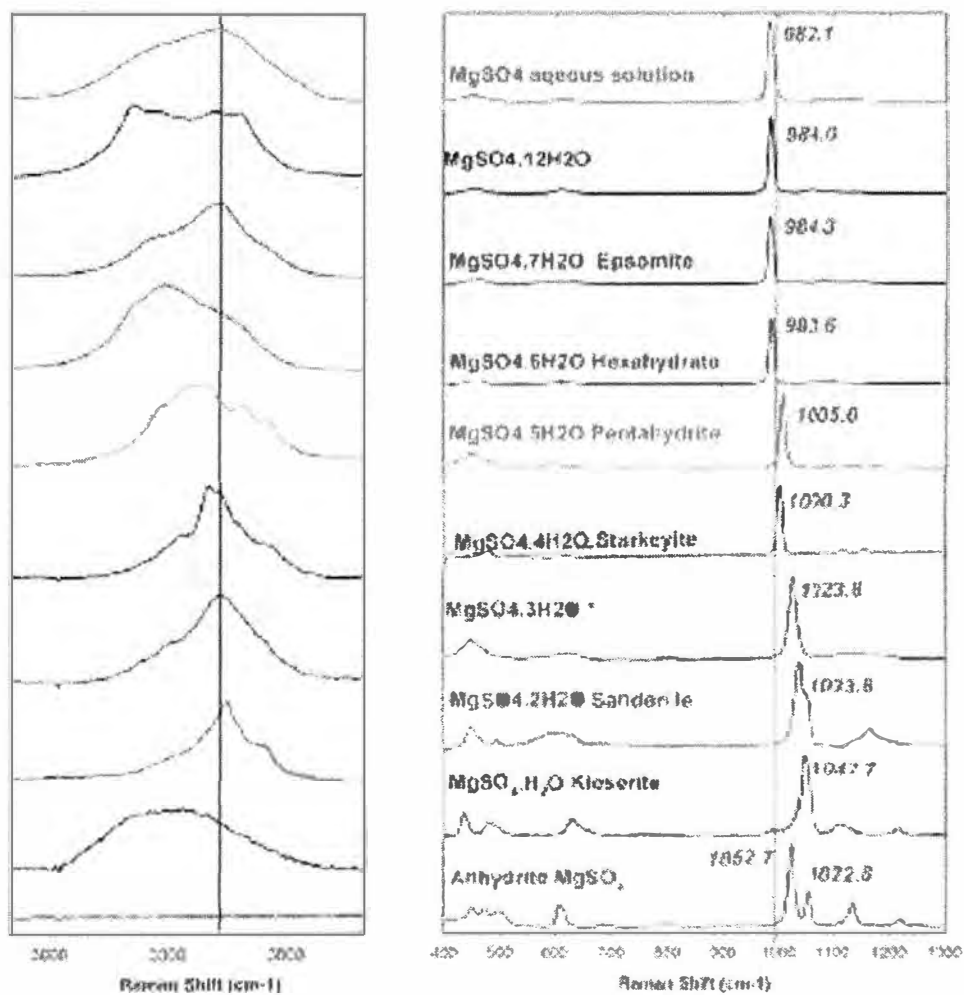
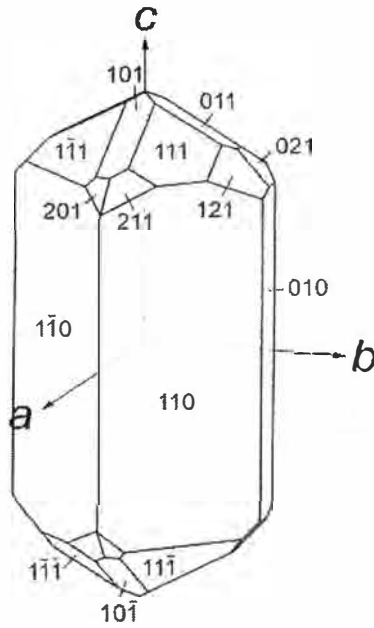


Figure 1. Raman spectra of the hydrates of magnesium sulfate.

ANEXO 5.- GEOMETRIA DEL CRISTAL DE SMH



Epsomite crystallises in the orthorhombic system, space-group $P2_12_12_1$, $a = 11.861 \text{ \AA}$, $b = 11.989 \text{ \AA}$, $c = 6.849 \text{ \AA}$.

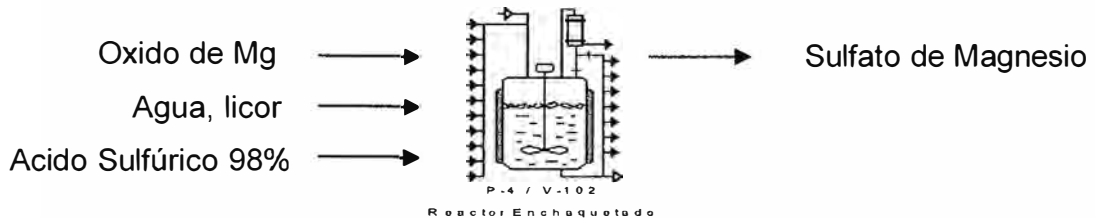
	Groth (1908)	(Brooke, 1823)	(Rammelsberg, 1854)	(Viola, 1923)	(Voronkov, 1958)
(110) : (-1 1 0)	-	78°28'	78°30'	79°20'	80°00'
(110) : (1 -1 0)	-	89°26'	89°21'	89°24.5'	89°26'
(110) : (100)	-	-	-	-	45°39'
(110) : (010)	-	-	-	-	45°00'
(111) : (1 -1 1)	52°38'	-	52°40'	41°10'	52°50'
(111) : (001)	-	39°03'	39°11'	38°57'	-
(111) : (-1 1 1)	53°12'	-	-	-	52°18'
(111) : (-1 -1 1)	-	-	-	-	78°10'
(111) : (110)	-	50°57'	50°49'	-	50°55'
(101) : (-1 0 1)	59°56'	60°00'	-	60°01'	60°12'
(101) : (110)	69°13'	-	69°08'	-	69°10'
(011) : (0 -1 1)	59°26'	-	-	-	-
(011) : (110)	69°35'	-	-	-	-
(011) : (101)	41°12'	-	-	-	-
(100) : (101)	-	-	-	-	59°54;
(201) : (-2 0 1)	98°08'	-	-	-	-
(021) : (0 -2 1)	97°36'	-	-	-	-
(211) : (100)	44°57'	-	-	-	-
(211) : (010)	69°30'	-	-	-	-
(121) : (100)	64°27'	-	-	-	-
(121) : (010)	45°18'	-	-	-	-

ANEXO 6.- TABLA DE DATOS PARA EL TIEMPO DE ADICION DE ACIDO SULFURICO

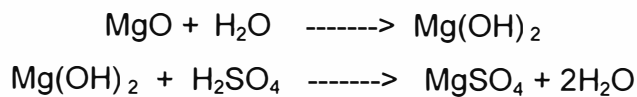
Tiempo (min)	Tiempo de Adición de Acido Sulfúrico			
	1 min	3 min	5 min	60 min
0	20	20	20	20
0,5	75	65	42	34
1	106	79	47	37
1,5	96	101	49	48
2	90	86	53	57
2,5	80	76	55	56
3	72	70	53	53
3,5	64	68	67	51
4	62	67	74	50
4,5	60	63	79	47
5	57	61	75	44
6	57	60	71	41
7	51	56	66	38
8	50	56	60	38
9	48	53	57	39
10	47	51	55	37
11	44	51	52	38
12	42	48	49	40
13	42	45	47	37
14	40	43	47	36
15	39	42	44	36
16	36	38	41	34
17	34	36	38	33
18	34	34	34	33
19	30	32	32	33
20	28	30	31	34
21	27	30	31	33
22	25	27	28	32
24	25	27	26	32
30	23	25	25	30
45	23	22	23	27
60	23	22	23	26

ANEXO 7.- CALCULOS REALIZADOS PARA EL DISEÑO DE EQUIPOS

a).- Diseño del Reactor



Reacciones Globales:



Balance de Energía

La reacción química se presenta a continuación:

	$\Delta H(\text{Kcal/mol})$
$\text{MgO} + \text{H}_2\text{O} \text{-----> Mg(OH)}_2$	-221,9
$\text{Mg(OH)}_2 \text{-----> Mg}^{+2} + 2 \text{OH}^-$	14,0
$\text{H}_2\text{SO}_4 \text{-----> } 2 \text{H}^+ + \text{SO}_4^{-2}$	-18,08
$\text{Mg}^{+2} + \text{SO}_4^{-2} \text{-----> MgSO}_4$	-328,9
$2 \text{H}^+ + 2 \text{OH}^- \text{-----> } 2 \text{H}_2\text{O}$	-140,82
Total	
	-473,80

Del balance de masa del lote, se obtiene el calor total de la reacción:

$$Q_{rxn} = 19\,024\,987 \text{ kcal}$$

Cálculo del volumen de reactor:

Se considera en función de los componentes iniciales, en la siguiente cuadro:

Componentes	Peso(kg)	Densidad(kg/m ³)	Volumen(m ³)
H ₂ SO ₄ (77%)	3 938,19	1 673,40	2,35
MgO	1 816,24	1 750,00	1,04
H ₂ O	4 522,59	1 000,00	4,52
Licor	5 559,98	1 290,00	4,31
Volumen del Reactor			12,22

Considerando un factor de seguridad de 30% y una relación H/D de 2, se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Volumen Total} &= 15,89 \text{ m}^3 \\ \text{Altura} &= 4,32 \text{ m} \\ \text{Diámetro} &= 2,16 \text{ m} \end{aligned}$$

b).- Diseño Del Agitador del Reactor

Se tiene la ecuación siguiente para el cálculo del numero mínimo de revoluciones, planteada por Hince Zwietering:

$$N_{RM} = \frac{\psi \times \left(\frac{D_T}{D_A}\right)^\alpha \times g^{0.5} \times (\rho_p - \rho_L)^{0.45} \times \mu^{0.1} \times d^{0.2} \times w^{0.13}}{D_A^{0.85} \times \rho_L^{0.55}} \dots(\text{Ec. 4})$$

Donde:

- Ψ, α = Constantes adimensionales según tipo de agitador
- D_t = diámetro del tanque
- D_a = Diámetro del agitador
- g = Gravedad
- ρ_l = Densidad de liquido.
- ρ_p = Densidad de partícula.
- μ = viscosidad de liquido.
- d = diámetro medio de partícula.
- w = Relación de peso entre sólido y liquido, %.

Reemplazando los valores correspondientes, se tiene:

$$\begin{aligned} \Psi &= 1,40 \text{ (turbina)} \\ \alpha &= 1,50 \text{ (turbina)} \\ D_t &= 2,16 \text{ m.} \\ D_a &= 1,08 \text{ m.} \\ g &= 9,80 \text{ kg/(m*s}^2\text{)} \end{aligned}$$

$$\rho_l = 1,36 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_p = 1,75 \text{ kg/m}^3$$

$$\mu = 0,00330 \text{ kg/(m*s)}. \text{ (acido sulfúrico 60\%, 60 }^\circ\text{C)}$$

$$d = 0,00007 \text{ m.}$$

$$w = 26,9 \text{ \%}.$$

Reemplazando los valores en la Ec. Se tiene:

$$N_{RM} = 1,5 \text{ rps} = 90,2 \text{ rpm}$$

$$N = 100 \text{ rpm}$$

Cálculo de la Potencia del Motor

Se calcula el número de Reynolds con la siguiente ecuación:

$$N_{Re} = \frac{Da^2 \times N \times \rho_L}{\mu} \quad \dots(\text{Ec. 5})$$

Reemplazando los valores correspondientes se tiene que:

$$N_{Re} = 589\,805$$

En sistemas de paletas contraflujo,. No se desarrolla vórtice y para el impulsor tipo Pfaulder, con $N_{Re} > 10^5$, se tiene que:

$$N_p = 0,73$$

Se sabe que el cálculo de la potencia del motor viene dado por la siguiente ecuación:

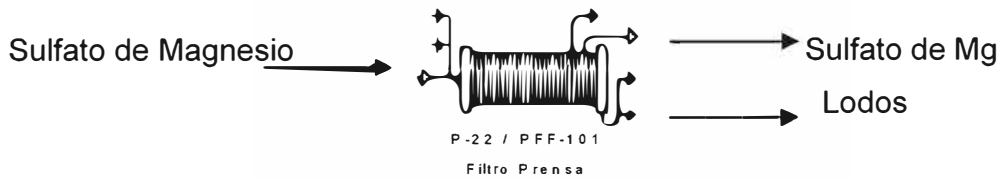
$$P = \rho \times N^3 \times Da^5 \times N_p \quad \dots(\text{Ec. 6})$$

sustituyendo los valores respectivos:

$$P = 6\,790 \text{ Watts}$$

$$P(\text{comercial}) = 10 \text{ Hp.}$$

c).- Diseño del Filtro Prensa



Considerando el diseño para torta incompresible y a presión constante, se toma de referencia una hora de filtración, tiempo de ciclo total 8 horas.

Condiciones:

P = Presión de trabajo

ρ = Densidad del producto

ρ_{TS} = Densidad de la torta seca

ρ_s = Densidad del Sólido

ε = Fracción hueca

L_e = Espesor de la torta

s = Fracción másica de sólido en suspensión.

m_s = Contenido de sólido por litro de solución.

W = Masa de sólido referido al volumen de filtrado.

α = Resistencia específica

Se sabe que:

$$\varepsilon = 1 - \frac{\rho_{TS}}{\rho_s} \dots (\text{Ec. 7})$$

Reemplazando los valores:

$$\varepsilon = 0,12$$

Se tiene también que :

$$s = \frac{m_s}{m_s + 1000 - \frac{m_s}{\rho_s}} \dots (\text{Ec. 8})$$

Del balance de masa se tiene que

$$m_s = 15,41 \text{ g de sólido por litro}$$

Reemplazando en la Ec. 8, se tiene que:

$$S = 0,02 \text{ g de s\u00f3lido / kg de suspensi\u00f3n.}$$

$$M = 241,63 \text{ kg de s\u00f3lido}$$

De la Ecuaci\u00f3n:

$$m = \frac{(1 - \varepsilon) \times \rho_s + \varepsilon \times \rho}{(1 - \varepsilon) \times \rho_s} \dots (\text{Ec. 9})$$

$$m = 1,06 \text{ kg de torta h\u00fameda / kg de torta seca.}$$

Se sabe tambi\u00e9n que:

$$w = \frac{\rho \times s}{1 - m \times s}$$

$$w = 21,18 \text{ kg de s\u00f3lido / m}^3 \text{ de filtrado}$$

Se tiene:

$$\mu = 11,88 \text{ kg/(m}^3 \cdot \text{h)}$$

Asumiendo:

$$\alpha = 1 \times 10^{+11} \text{ m/kg} \dots (\text{Lodos de tratamiento de aguas})$$

Se tiene adem\u00e1s que:

$$k_1 = \frac{\mu \times \alpha \times w}{\Delta P \times g_c \times A^2}$$

$$k_1 = 3,15 / A^2 \text{ (h/m}^6)$$

De la ecuaci\u00f3n:

$$m = (1 - \varepsilon) \times \rho_s \times A \times L$$

Igualando con la ecuaci\u00f3n :

$$m = w \times V_c$$

$$L = 0,035 \text{ m}$$

Igualando ambas ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$V_c/A = 3,39 \text{ m}$$

De la Ecuaci\u00f3n.

$$\theta = \frac{k_1 \times V^2}{2} + k_1 \times V \times V_c$$

$$V = M/w = 11,41 \text{ m}^3$$

La ecuaci\u00f3n se reduce a :

$$8 = 207,87 / A^2 + 121,67 / A$$

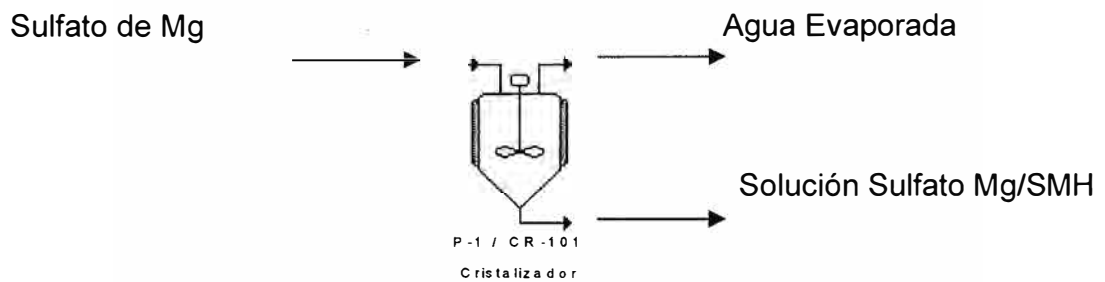
Resolviendo la ecuación cuadrática se tiene:

$$A = 16,7 \text{ m}^2$$

Considerando placas de 0,80 m x 0,80 m se tiene:

$$\text{Numero de placas} = 26$$

d).- Diseño del Cristalizador



Cálculo del Volumen del Cristalizador

Del balance de masa se obtiene

Componente	Porcentaje (%)	Cantidad (Kg)
Sulfato de Magnesio	40,50	6 302,08
Hidróxido de Magnesio	0,25	38,67
Insoluble:	0,08	12,57
Agua	59,17	9 206,66
Acido Sulfúrico	0,00	0,00
Total	100,00	15 559,98

Se tiene además que:

Densidad de la mezcla: $1\,364 \text{ kg/m}^3$

Relación H/d $2/5$ (*)

(*)Referencia: Patente US 1815735.

Se obtienen lo siguientes resultados:

Volumen = 17 m^3 .

Altura = $1,5 \text{ m}$.

Diámetro = $3,8 \text{ m}$.

Estimación de cantidad de cristales de SMH producidos

Según la ecuación siguiente:

$$P = \frac{R \times (100 \times W_o - S \times (H_o - E))}{100 - S \times (R - 1)}$$

Donde:

P = Peso de cristales, lb.

R = Relación de peso molecular de hidrato y peso molecular de anhidro.

S = Solubilidad del anhidro, lb de anhidro/ 100 lb. de solvente.

W_o = Peso inicial de soluto anhidro al inicio del lote, lb.

H_o = Peso inicial del solvente al inicio del lote, lb.

E = Evaporación, lb.

Reemplazando valores:

R = 2,05

S = 35,7 lb de MgSO₄/100 lb de agua.

W_o = 13 817 lb de MgSO₄.

H_o = 20 353 lb de agua.

E = 0 lb de agua.

Se obtiene:

$$P = 9\,751 \text{ kg de SMH.}$$

La cantidad obtenida del balance de masa tradicional fué de 9 768 kg de SMH, valor similar al obtenido por la fórmula, con lo que se comprueba la cantidad total de SMH a producir por cada lote.

e).- Diseño Del Agitador Del Cristalizador

Realizando cálculos similares al realizado en la sección c y reemplazando los siguientes valores:

$$\Psi = 1,40 \text{ (turbina)}$$

$$\alpha = 1,50 \text{ (turbina)}$$

$$D_t = 3,79 \text{ m.}$$

$$D_a = 1,26 \text{ m.}$$

$$g = 9,80 \text{ kg/(m*s}^2\text{)}$$

$$\begin{aligned}\rho_l &= 1,29 \text{ kg/m}^3 \\ \rho_p &= 1,40 \text{ kg/m}^3 \\ \mu &= 0,00450 \text{ kg/(m*s)}. \\ d &= 0,0005 \text{ m.} \\ w &= 134,9.\end{aligned}$$

Reemplazando en la Ec. 4 se obtiene:

$$\begin{aligned}N_{RM} &= 147 \text{ rpm} \\ N &= 150 \text{ rpm}\end{aligned}$$

Cálculo de la Potencia del Motor

Reemplazando en la Ec. 5 se tiene:

$$N_{Re} = 904\ 357$$

Como $N_{Re} > 10^5$, y en sistemas de paletas contra flujo no se desarrolla el vórtice y para impulsor tipo Hydrofoil, se tiene que:

$$N_p = 0,30$$

Sustituyendo los valores respectivos:

$$\begin{aligned}P &= 19\ 348 \text{ Watts} \\ P(\text{comercial}) &= 30 \text{ Hp.}\end{aligned}$$

f) Diseño de la Torre de Enfriamiento

Se diseña una torre de enfriamiento tiro inducido a contracorriente, tomándose de referencia los siguientes datos :

$$\begin{aligned}\text{Temperatura de Agua de Ingreso (caliente)} &: 40 \text{ }^\circ\text{C} = 104 \text{ }^\circ\text{F.} \\ \text{Temperatura de Agua de Salida (fría)} & \quad 29 \text{ }^\circ\text{C} = 84 \text{ }^\circ\text{F.} \\ \text{Intervalo de Temperatura de Enfriamiento} & \quad 11 \text{ }^\circ\text{C} = 20 \text{ }^\circ\text{F.} \\ \text{Caudal de Agua} &: 20 \text{ m}^3/\text{h} = 90,3 \text{ gpm} = 5,7 \text{ kg/s.}\end{aligned}$$

Datos del Aire:

Temperatura de Bulbo Húmedo : $22\text{ }^{\circ}\text{C} = 71,6\text{ }^{\circ}\text{F}$

Temperatura de Bulbo Seco : $27\text{ }^{\circ}\text{C} = 80,6\text{ }^{\circ}\text{F}$.

Asumiendo $L/G = 1,0$

Ingresando con los datos anteriores al diagrama siguiente:

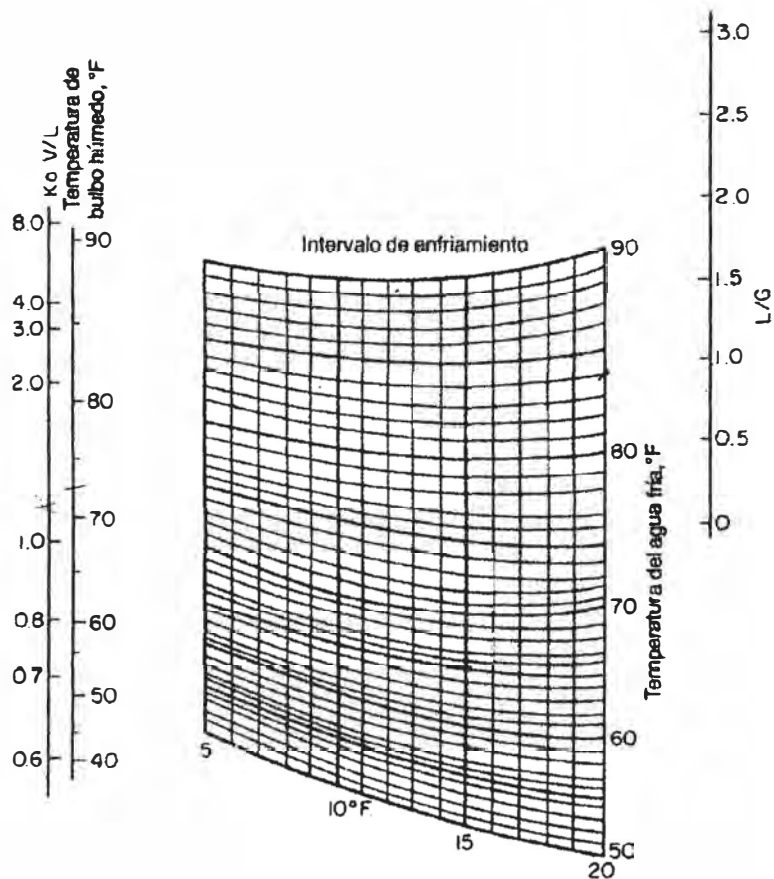


FIG. 12-13 Nomograma de las características de una torre de enfriamiento. [Wood and Betts, Engineer, 189 (4912), 337 (1950).]

Se calcula el parámetro de diseño $K.a.V/L = 1,2$

Donde:

K = Coeficiente de Transferencia de Masa, lb de agua/(h*ft²).

a = Area de contacto por volumen de Torre, ft²/ft³.

V = Volumen de enfriamiento activo por area plana, ft³/ft².

L = Velocidad del agua, lb/(h*ft²).

Cálculo del Area de la Torre:

Se emplea el grafico siguiente

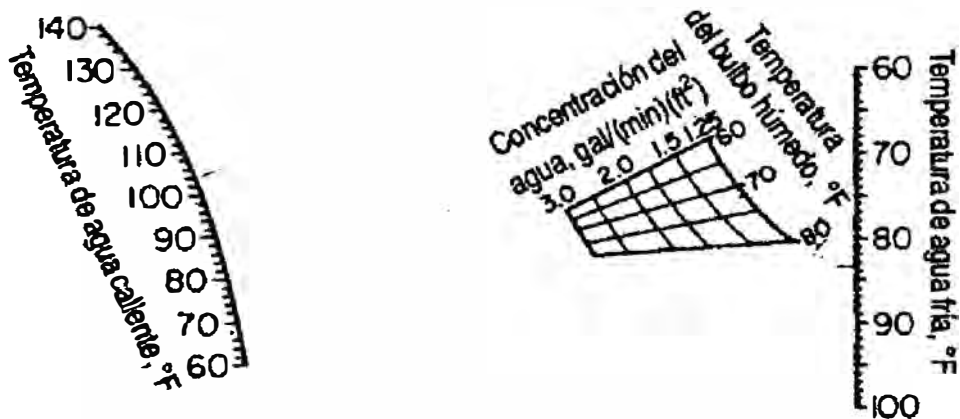


FIG. 12-14 Gráfica para determinar las dimensiones de una torre de enfriamiento de tiro inducido a contracorriente. Para torres de tiro inducido con un sistema de aspersión ascendente y 24 ft de llenado, o un sistema de distribución tipo canalón y 32 ft de llenado. La gráfica proporcionará aproximaciones para torres de cualquier altura. [*Flour Corp.* (ahora *Ecodyne Corp.*)]

Ingresando los datos indicados del grafico se obtiene que la concentración del agua necesaria es :

$$2,7 \text{ gpm /ft}^2$$

Dividiendo esta cantidad entre el caudal requerido se obtiene:

$$\text{Area de la Torre} = 33,4 \text{ ft}^2 = 3,11 \text{ m}^2$$

Para el cálculo de la potencia del ventilador se emplea el grafico siguiente:

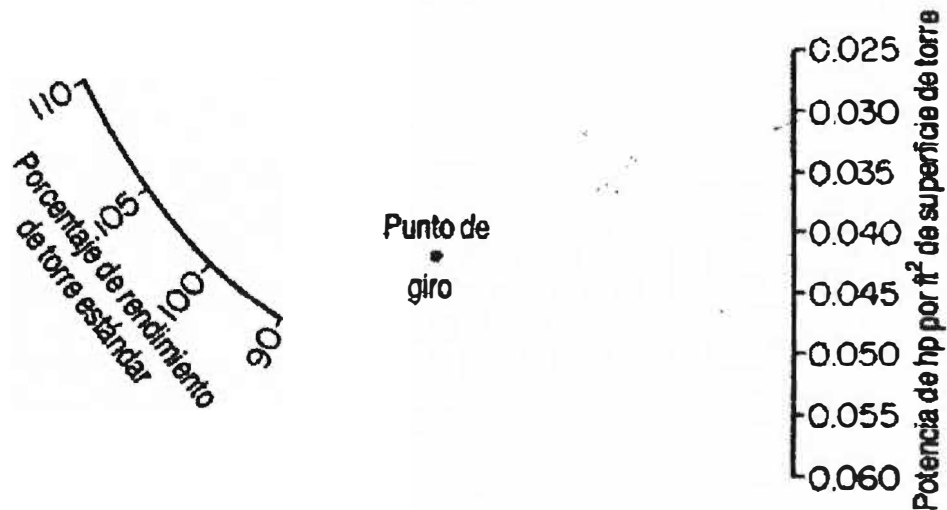


FIG. 12-15 Gráfica de caballos de potencia para una torre de enfriamiento de tiro inducido y contraflujo. [*Flour Corp.* (ahora *Ecodyne Corp.*)]

Asumiendo 100% de rendimiento de la Torre, se obtiene que

$$\text{Potencia por pie cuadrado} = 0.041 \text{ ft}^2/\text{Hp}$$

Multiplicando por el área de la Torre se tiene que la potencia del ventilador requerida es de:

$$P = 1,37 \text{ Hp}$$

$$P \text{ (comercial)} = 1,5 \text{ Hp}$$

g) Calculo del Diámetro Económico para la tubería de Agua Dura

De acuerdo a la formula de Sarchet y Colburn, para el calculo del diámetro económico en flujo turbulento, se tiene que:

$$Di = 3,9 * q_f^{0,45} * \rho^{0,13}$$

Donde:

Di = Diámetro interior (plg)

qf = Caudal (pie³/s)

ρ = Densidad (lb/pie³)

Reemplazando valores

$q_f = 0,1331$ pie³/s

$\rho = 62,43$ lb/pie³

Se obtiene:

$D_i = 2,69$ pulgadas

Diámetro Comercial = 3 pulgadas

Comprobación del Numero de Reynolds:

$N_{re} = \rho * V * D / u$

Reemplazando valores:

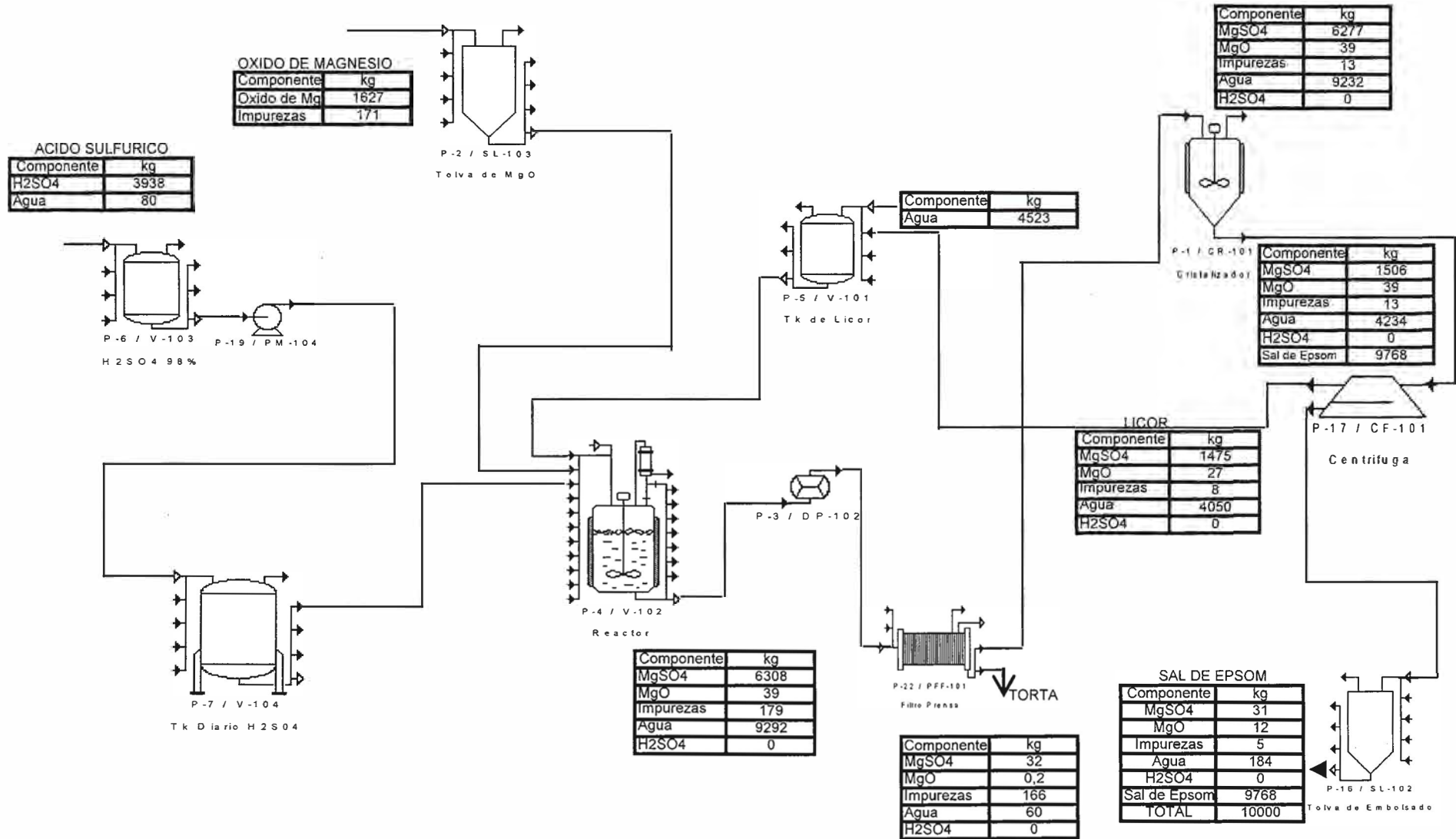
v=	0,83	m/s
D=	0,08	m
ρ =	1 000,00	kg/m ³
u=	0,001	kg/m.s

Se obtiene:

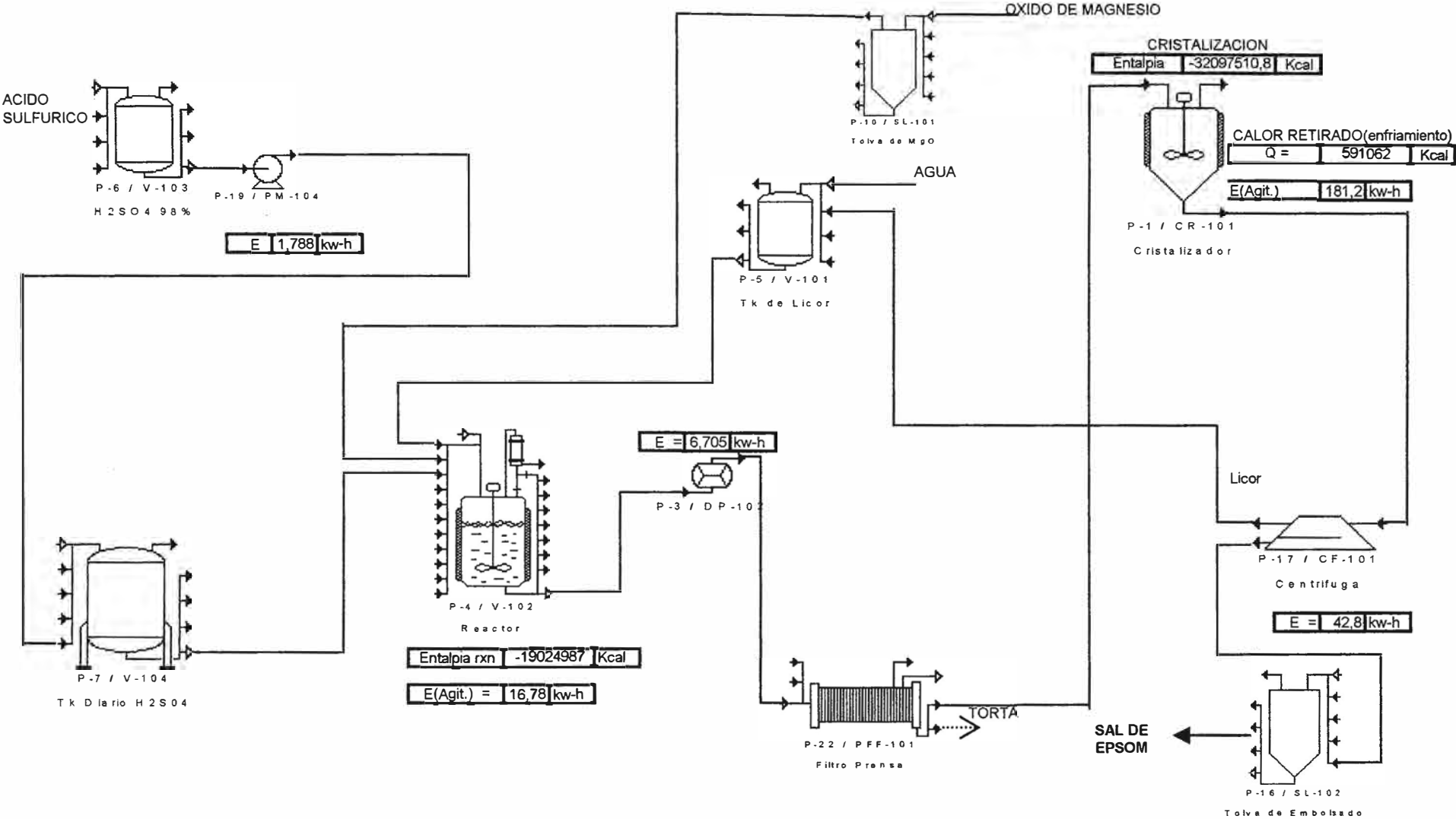
$N_{re} = 62\ 974$

Comprobándose el flujo turbulento

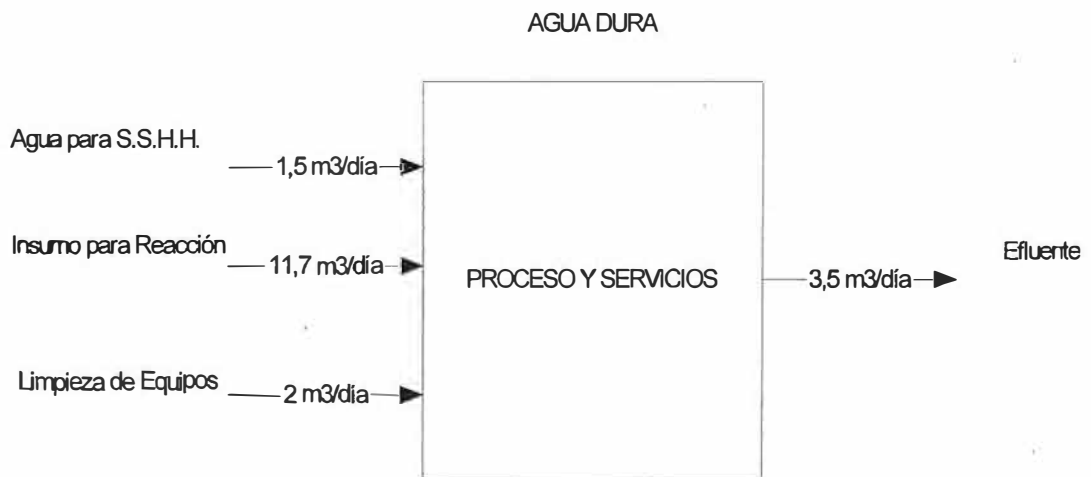
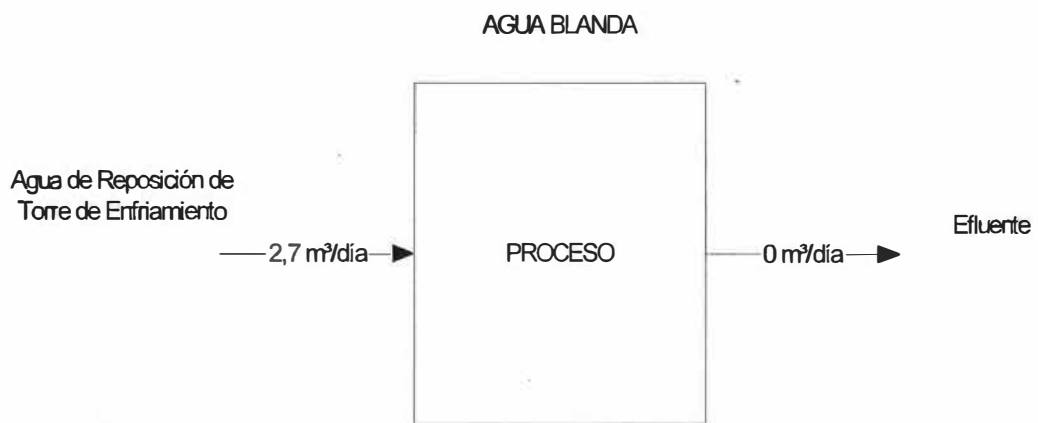
ANEXO 8: BALANCE DE MASA



ANEXO 9: BALANCE DE ENERGIA



ANEXO 10.- BALANCE DE AGUA



ANEXO 11.- ESPECIFICACION DEL DECANTADOR CENTRIFUGO

In centrifuge operations, slower rotating speeds can significantly increase the operational life of expensive components (Figure A) and reduce the risk of machine failure. Lower speeds can also reduce energy requirements (Figure B).

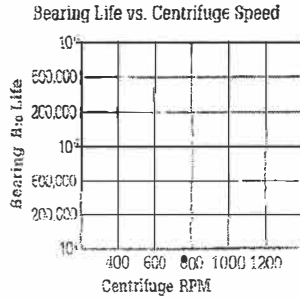


Figure A

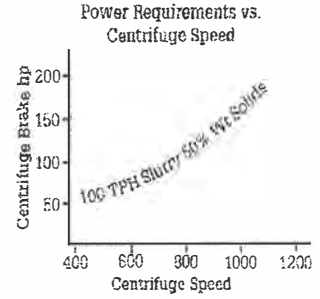
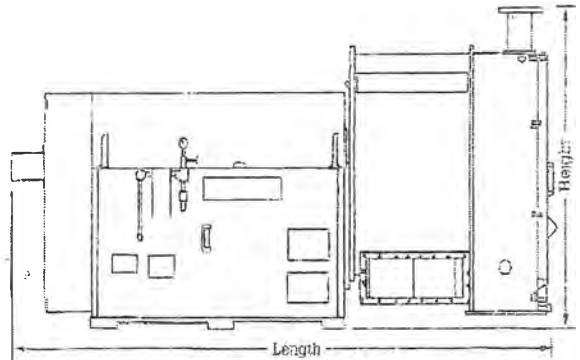
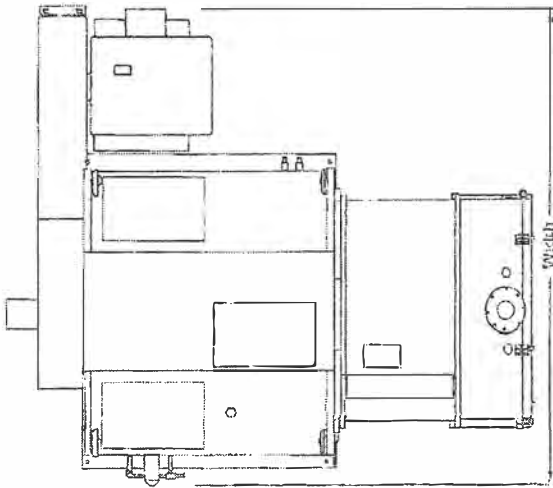


Figure B



Model	S-200	S-250	S-350	S-450	S-600	S-800	S-900	S-1100	S-1200
Power (hp) [kw]	7.5 [5.5]	10 [7.5]	15 [11]	30 [22]	40 [30]	50 [37]	100 [75]	150 [110]	200 [150]
Capacity (stph) [mtpH]	2.2 [2]	5.5 [5.0]	7.5 [6.7]	15 [14]	20 [18]	25 [23]	50 [45]	75 [68]	100 [90]
Length (in.) [mm]	52 [1,320]	67 [1,700]	85 [2,160]	97 [2,464]	99 [2,515]	108 [2,743]	135 [3,429]	140 [3,556]	149 [3,786]
Width (in.) [mm]	42 [1,067]	47 [1,194]	51 [1,295]	66 [1,676]	62 [1,575]	74 [1,880]	102 [2,591]	103 [2,615]	116 [2,946]
Height (in.) [mm]	22 [559]	25 [635]	39 [965]	41 [1,041]	56 [1,422]	51 [1,295]	70 [1,778]	74 [1,880]	93 [2,362]
Weight (lb.) [kg]	1,350 [614]	1,700 [773]	4,000 [1,818]	6,400 [2,896]	8,000 [3,636]	9,000 [4,091]	17,400 [7,909]	26,000 [11,785]	39,000 [17,727]

Nominal capacities in short tons per hour for granulated soil, dewatered to 70% moisture from a 80% moisture slurry (and slurry with 40% of the crystals greater than 500 microns (20 mesh) and 44% greater than 150 microns (100 mesh), solids bulk density: 1.0 g/cc) (approx. 70 lb/ft³).

ANEXO 12.- ESPECIFICACION PARA EL DISEÑO DE TANQUES

TABLE 18.2. Storage Tanks, Underwriter or API Standard, Selected Sizes

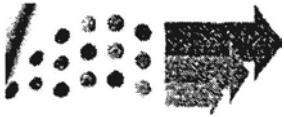
a. Small Horizontal Underwriter Label

Capacity Gallons	Dimensions			Weight in pounds
	Diameter	Length	Thickness	
280	42"	4'-0"	$\frac{3}{16}$ "	540
550	48"	5'-0"	$\frac{3}{16}$ "	850
1000	48"	10'-8"	$\frac{3}{16}$ "	1260
1000	64"	6'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1160
1500	64"	9'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1550
2000	64"	12'-0"	$\frac{3}{16}$ "	1950
3000	64"	18'-0"	$\frac{3}{16}$ "	2730
4000	64"	24'-0"	$\frac{3}{16}$ "	3510

b. Horizontal or Vertical with Underwriter Label

Nominal Capacity Gallons	Dimensions			Weight	No. of Supports
	Diameter	Approx. Length	Thickness		
5,000	6'-0"	23'-9"	$\frac{1}{4}$ "	5,440	3
5,000	7'-0"	17'-6"	$\frac{1}{4}$ "	5,130	2
6,000	8'-0"	16'-1"	$\frac{1}{4}$ "	5,920	2
6,000	8'-0"	16'-1"	$\frac{3}{16}$ "	6,720	2
8,000	8'-0"	21'-4"	$\frac{1}{4}$ "	7,260	2
8,000	8'-0"	21'-4"	$\frac{3}{16}$ "	8,333	2
10,000	8'-0"	26'-7"	$\frac{1}{4}$ "	8,862	3
10,000	8'-0"	26'-7"	$\frac{3}{16}$ "	10,510	3
10,000	10'-0"	17'-2"	$\frac{1}{4}$ "	8,032	2
10,000	10'-0"	17'-2"	$\frac{3}{16}$ "	9,132	2
10,000	10'-6"	15'-8"	$\frac{1}{4}$ "	8,160	2
10,000	10'-6"	15'-8"	$\frac{3}{16}$ "	9,020	2
15,000	8'-0"	39'-11"	$\frac{1}{4}$ "	13,210	4
15,000	8'-0"	39'-11"	$\frac{3}{16}$ "	14,620	4
20,000	10'-0"	34'-1"	$\frac{1}{4}$ "	14,130	3
20,000	10'-0"	34'-1"	$\frac{3}{16}$ "	16,330	3
25,000	10'-6"	38'-9"	$\frac{1}{4}$ "	17,040	4
25,000	10'-6"	38'-9"	$\frac{3}{16}$ "	19,010	4

ANEXO 13.- COTIZACION DE CENTRIFUGA



INGESEP

Presupuesto No. : INGESEP 2007-009
Fecha : 20 de Abril de 2007
Proyecto : Deshidratación de Cristales de Sal de Epsom
Página : 1
Cliente : Sr. Ronald Caja

1.- PROPUESTA ECONÓMICA

Ítem	Cant.	Descripción	P.U. (USD)	P.T. (USD)
1	1	Centrífuga Pusher Modelo S-200, Marca: Baker Perkins, 7.5 Hp Capacidad: 2.2 stph, Peso aprox. 1,900 kg. Con garantía directa de fábrica	57,000.00	57,000.00

El precio indicado es F.C.A. Fábrica Baker Perkins, Texas U.S.A.

Exclusiones:

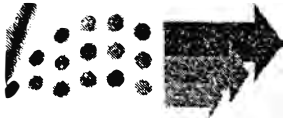
- Costo de Transporte
- Embalaje
- Puesta en Marcha
- Costos de Instalación
- Cualquier otro concepto no incluido en la presente propuesta

Se incluye:

- Catálogo
- Hoja Técnica
- Fotografías del equipo ofertado

2.-CONDICIONES

Plazo de Entrega: 8 semanas después de aceptada la orden de compra



INGESEP

Presupuesto No. : INGESEP 2007-009
Fecha : 20 de Abril de 2007
Proyecto : Deshidratación de Cristales de Sal de Epsom
Página : 2
Cliente : Sr. Ronald Caja

Forma de Pago:

50% con la orden de compra
50% mediante carta de crédito irrevocable y confirmada a favor del proveedor
Multitec, 1400 Miller Ave, Katy, Tx. 77 493 U. S. A.

Esperamos que esta cotización esté completa y detallada de acuerdo a sus requerimientos y quedamos su disposición para cualquier consulta que estimen conveniente.

Atentamente

Ing. Jose Betalleluz
Gerente General INGESEP S.A.C.

ANEXO 14.- COTIZACION DE FILTRO PRENSA



Oferta Filtro Prensa

Tipo HPLE-1000/6 semi-automático de traslado lateral

Lima, PERU

At. a: Sr. Ronald Caja

e-mail: sulfonico@smi.com

Ref. : Su petición de oferta del 04 de Septiembre de 2007

Oferta N°. : **PF-91/07**; Su ref.: **Sulfato de Magnesio**

Tipo de Instalación:

Un (1) Filtro Prensa TEFSA semiautomático, tipo HPLE-800/6 ejecución standard, equipado con 20 placas de polipropileno con 30 mm de torta y sus correspondientes telas filtrantes, ampliable a 30 placas totales; unidad standard con protección de polipropileno en zonas de contacto con el producto, incluido el paro automático y cuadro eléctrico de control (cotizado por separado). Suministro completo de acuerdo a las especificaciones adjuntas y requerimientos del cliente. Descarga manual.

Para la Filtración de:

19 m³/día de sulfato de magnesio a una concentración de entrada del 1,2% según los datos indicados. Unidad dimensionada en base 8 horas de operación diaria, 20 placas de 800 x 800 mm con torta de 30 mm y ejecución cerrada.

Plazo de Entrega:

10-11 semanas desde fecha de pedido en nuestra fábrica de Barcelona listo para embarcar y/o inspección. A precisar según cantidad de unidades del contrato así como las necesidades del cliente y la disponibilidad en producción de TEFSA en el momento de la orden de compra.

Esta oferta está compuesta por las siguientes partes:

- Dimensiones y Datos Técnicos

: Parte I

- Precios

: Parte II

PARTE I: DIMENSIONES Y DATOS TÉCNICOS

INFORMACION GENERAL:

MASA DIARIA (Kg/h MS)	NUM. PLACAS	SUPERFICIE (m ²)	VOL.TORTA (litros)
228	20 ampliable a 30	17,10 a 26,10	277 a 423

- Espesor de placa (incl. tela) : 61,5 mm
- Espesor de torta : 30,0 mm
- Superficie filtrante/cámara : 0,90 m²
- Volumen de torta/cámara : 14,60 litros
- Material de placas : PP
- Ejecución placas : Standard JVK o Lenser estabilizadas al cobre
- Salida de filtrado : Cerrada
- Longitud de trabajo : Ver plano oferta según caso
- Presión de trabajo : 6 bar
- Temperatura máxima de filtración : 90°C

BASTIDOR:

- Construcción : Soldada
- Material de construcción : Acero al carbono
- Ejecución : Cerrada
- Lavado de torta : Opcional
- Soplado de torta : Incluido
- Material tubuladuras : Acero al carbono
- Número de largueros inferiores/diámetro : 2 / 100 mm
- Situación : Lateral
- Material largueros : Acero al carbono

- Protección anticorrosiva
 - a) Partes exteriores : Chorreado gr.2,½ y pintura
 - b) Partes húmedas : Epoxy
 - b) Tubuladuras : Forrado en PP
 - c) Largueros : ST-37.2
 - : PVC

SALIDA FILTRADO	CONEXION ALIMENTACION
4 x DN-50 PN-10	1 x DN-80 PN-10

DISPOSITIVO DE CIERRE Y APERTURA:

- Diseño : TEFSA
- Tipo cilindro : Doble efecto

- Material cilindro : ST-52.3
- Acabado exterior/interior : Rectificado y lapeado
- Retroceso vástago : Por muelle
- Acabado vástago : Cromado
- Carrera pistón : 450 mm
- Material vástago : F-114 cromado duro
- Material del pistón : Acero/banda guía
- Número de collarines : 2
- Apertura del paquete filtrante : Manual

DIAMETRO PISTON/VASTAGO	PRESION MAXIMA DE CIERRE
Ø140/90 mm	276 bar

GRUPO ELECTROHIDRAULICO:

- Diseño : TEFSA
- Componentes hidráulicos : BERTMA-VOLVO
- Funcionamiento : Automático
- Distribuidor : Mediante selector en cuadro

- Motor bomba hidráulica : Pistones radiales

TELAS FILTRANTES:

- Fabricante : MF (Grupo TEFSA)
- Ejecución : Dobles
- Referencia : CMKI-269 (a confirmar)
- Tamaño : Según placa filtrante
- Número de telas dobles : 19
- Número de telas simples : 01
- Fijación de telas sobre placa : Ojales de latón/cierre rápido
- Material tela filtrante : Polipropileno

PARTE II: PRECIOS

Los siguientes precios se basan en los costes de materiales y mano de obra vigentes en la fecha de presentación de la oferta.

Los precios se entienden excluyendo el IVA, así como embalajes. El montaje y la puesta en marcha no están incluidos en el precio; si estos servicios son requeridos el coste correspondiente se facturará de acuerdo con las tarifas vigentes.

1.- Precio de la maquinaria ofertada:

Un (1) Filtro Prensa TEFSA semiautomático, tipo HPLE-800/6 ejecución standard, equipado con 20 placas de polipropileno con 30 mm de torta y sus correspondientes telas filtrantes, ampliable a 30 placas totales; unidad standard con protección de polipropileno en zonas de contacto con el producto. Incluido el dispositivo de parada automática del ciclo de filtración que actúa

sobre la bomba de alimentación cuando el volumen del filtrado llega a un caudal mínimo ajustable

Unidad acorde a los datos expuestos en esta oferta. No se incluyen otros equipos o servicios auxiliares.

PRECIO unitario : EUR 17.680.-

Alternativa para unidad igual para 16 bar de operación.

PRECIO unitario : EUR 19.490.-

2.- **Equipos Auxiliares:**

Un (1) Cuadro Electrico de construcción TEFSA para filtro HPLE con control sobre apertura y cierre del grupo hidráulico, incorporando un sistema de bloqueo de la central hidráulica como dispositivo de seguridad. Incluye etapa de potencia y protección térmica para el motor hidráulico de 4,0 kW de potencia. Control sobre la bomba de alimentación y el paro automático. Operación semi-automática.

Fabricación standard TEFSA.

PRECIO : EUR 1.750.-

NOTA:

Precios netos bajo condiciones de venta EXW-Barcelona. En caso de requerir FOB/C&F/CIF/DDP/Otros todo coste adicional tendrá que ser especificado por TEFSA. Embalajes excluidos. Trabajos de montaje y puesta en marcha excluidos.

ANEXO 15.- TASA DE INTERES DEL PROGRAMA COFIDE

TASAS DE INTERÉS Y COMISIONES A LAS INSTITUCIONES FINANCIERAS INTERMEDIARIAS DE LOS PROGRAMAS Y LÍNEAS DE FINANCIAMIENTO DE COFIDE

PROGRAMAS / LÍNEAS	TASAS DE INTERÉS				COMISIONES
	Nuevos Soles (efectiva anual)		Dólares Americanos (nominal anual) ⁽¹⁾		
PROBID	Hasta 3 años: VAC + 6,000% Más de 3 años hasta 5 años: VAC + 6,500% Más de 5 años hasta 7 años: VAC + 7,000% Más de 7 años hasta 10 años: VAC + 7,125%		Hasta 3 años: Libor + 1,500% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 1,750% Más de 5 años hasta 7 años: Libor + 2,000% Más de 7 años: Libor + 2,250%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
MULTISECTORIAL NUEVOS SOLES	Hasta 3 años: VAC + 6,500% Más de 3 años hasta 5 años: VAC + 7,000% Más de 5 años: VAC + 7,500%				De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
MICROGLOBAL	Hasta 3 años: VAC + 6,000% Más de 3 años: VAC + 6,500%		Hasta 3 años: Libor + 2,000% Más de 3 años: Libor + 2,250%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
PROPEM	CT		Hasta 3 años: Libor + 2,000%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
	INV	Hasta 3 años: VAC + 6,000% Más de 3 años hasta 5 años: VAC + 6,500% Más de 5 años: VAC + 7,000%	Hasta 3 años: Libor + 1,500% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 1,750% Más de 5 años hasta 7 años: Libor + 2,000% Más de 7 años: Libor + 2,250%		
HÁBITAT PRODUCTIVO	Hasta 3 años: VAC + 6,500% Más de 3 años hasta 5 años: VAC + 7,000% Más de 5 años: VAC + 7,500%		Hasta 3 años: 6,000% e.a. Más de 3 años hasta 5 años: 6,500% e.a. Más de 5 años: 7,000% e.a.		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
CRÉDITOS SUBORDINADOS	VAC + 10,000%		Libor + 5,500%		De Inspección y Vigilancia: 2,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
FONDEMI	Hasta 1 año: 8,000% e.a. Más de 1 año hasta 2 años: 9,500% e.a.		Hasta 1 año: 6,000% e.a. Más de 1 año hasta 2 años: 6,500% e.a.		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
CORTO PLAZO	De acuerdo a las condiciones de mercado vigentes al momento de cada operación.				
CAPITAL DE TRABAJO MEDIANO PLAZO			Hasta 3 años: Libor + 2,500% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 2,750% Más de 5 años: Libor + 3,000%		De Inspección y Vigilancia 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
FIMEX	De acuerdo a las condiciones de mercado vigentes al momento de cada operación.				
FIEX	INV		Hasta 3 años: Libor + 1,500% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 1,750% Más de 5 años hasta 7 años: Libor + 2,000% Más de 7 años: Libor + 2,250%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
	CT		Hasta 3 años: Libor + 1,750%		
	PPE	De acuerdo a las condiciones de mercado vigentes al momento de cada operación.			
IMPORT EURO USA			Libor + 1,250% a Libor + 1,375%, según la cobertura del seguro del país de procedencia		De Compromiso: 0,375% anual De Gestión: desde 0,375% a 0,500% flat Prima seguro estatal: según país y cobertura
IMPORT CHILE			Fija: 5,750% a 5,950% ⁽²⁾ Flotante: Libor + 1,100% a Libor + 1,300% ⁽²⁾		De Compromiso: 0,750% anual
IMPORT HUNGRÍA			CIRR + 0,750% anual ⁽³⁾		De Compromiso: 0,500% anual De Administración: 0,500% flat
IMPORT PAÍSES NÓRDICOS			Hasta 3 años: Libor + 2,500% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 2,625% Más de 5 años: Libor + 2,750%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
FONDO MIVIENDA	VAC + 6,250%		7,750% efectiva anual		De Inspección y Vigilancia: 0,250% flat De Gestión: 0,250% efectiva anual
COFICASA			Desde Libor + 2,500%		De Inspección y Vigilancia: 0,250% flat De Compromiso: 0,750% anual
MICROCRÉDITO HABITACIONAL	Hasta 3 años: VAC + 6,500% Más de 3 años: VAC + 7,000%		Hasta 3 años: Libor + 2,500% Más de 3 años: Libor + 2,750%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
COFIESTUDIOS			Hasta 3 años: Libor + 2,250% Más de 3 años hasta 5 años: Libor + 2,500% Más de 5 años: Libor + 2,750%		De Inspección y Vigilancia: 0,500% flat De Compromiso: 0,750% anual
COFIDE TECNIFICA			Hasta 3 años: Libor + 2,250% Más de 3 años: Libor + 2,500%		De Inspección y Vigilancia: 1,000% flat De Compromiso: 0,750% anual
CENTROS URBANOS	Hasta 5 años: VAC + 8,000% Más de 5 hasta 10 años: VAC + 8,500% Más de 10 hasta 15 años: VAC + 9,000%		Hasta 5 años: Libor + 2,500% Más de 5 años hasta 10 años: Libor + 2,750% Más de 10 hasta 15 años: Libor + 3,000%		De Inspección y Vigilancia: 0,250% flat De Compromiso: 0,750% anual

(1) Libor a 6 meses, Capitalización semestral.

(2) Vigentes desde el 2006 04 16 al 2006 10 15.

(3) CIRR: Commercial Interest Reference Rate; tasa referencial de financiamiento de los países europeos. Adicionalmente, existe el costo de la compañía oficial de seguro de exportaciones del país de origen.

NOTAS:

La tasa Libor es fijada según la fuente de recursos, según metodología de Cofide. La comisión de compromiso se aplica siempre sobre los saldos no desembolsados. Cofide, además se reserva el derecho de aplicar:

- Comisión de prepago de 1%.
- Comisión de no justificación de 2%.
- Otras comisiones establecidas en el reglamento de cada programa o línea de crédito.

ANEXO 16.- SIMULACION DEL PROCESO EN SOFTWARE DE INGENIERIA SUPER PRO DESIGNER

Generalidades

El software Super Pro Designer utilizado, para la simulación del presente proyecto, es un paquete de ingeniería completo, que facilita el modelado, evaluación y optimización de procesos integrados para una amplia variedad de aplicaciones como en la industria de alimentos, químicos, farmacéuticos, biotecnológicos, de purificación de aguas, de tratamiento de aguas residuales, etc. La combinación de poderosas herramientas para modelar la fabricación, diseño de equipos, estudio medio ambiental y evaluación económica dentro del mismo paquete, permite al usuario un diseño integral del proceso, permitiendo un correcto análisis del mismo.

Para la simulación de un proceso en el software, es necesario tomar en cuenta las siguientes etapas iniciales:

Establecer el tipo de proceso: Continuo o por lote.

Definición de Componentes (elementos o compuestos químicos) a emplear. Se tomarán de la base de datos o caso contrario, deberán crearse, completando también las tablas de propiedades químicas y termodinámicas para los mismos.

Realizar el Diagrama de Flujo. Se detallará el número de bloques, los equipos requeridos y se realiza la interconexión entre ellos.

Inicializar los equipos y líneas de proceso. Se ingresan las cantidades de materias primas e insumos a cada una de las líneas requeridas, así como se definen las propiedades iniciales de los mismos, también se ingresan las condiciones y requerimientos para el diseño de cada uno de los equipos.

Establecer los procedimientos que a realizar en cada uno de los equipos, de acuerdo al requerimiento.

Ingresar los datos solicitados para realizar la evaluación económica. Se ingresarán por cada uno de los equipos, como también para las consideraciones generales del proceso y los datos para el financiamiento del proyecto.

Ejecución del Programa Aplicado al Proyecto.

Se detalla a continuación la simulación realizada en el software del proceso planteado, adjuntándose el diagrama de flujo, así como los resultados obtenidos del diseño de equipos, cálculos preliminares del balance de masa y balance de energía, los cuadros para el análisis económico que incluye el flujo de caja financiero, el cuadro de servicio de la deuda, estimación del costo unitario de producción, así como indicadores de rentabilidad como el VPN, TIR y periodo de recupero.

Análisis de Simulación

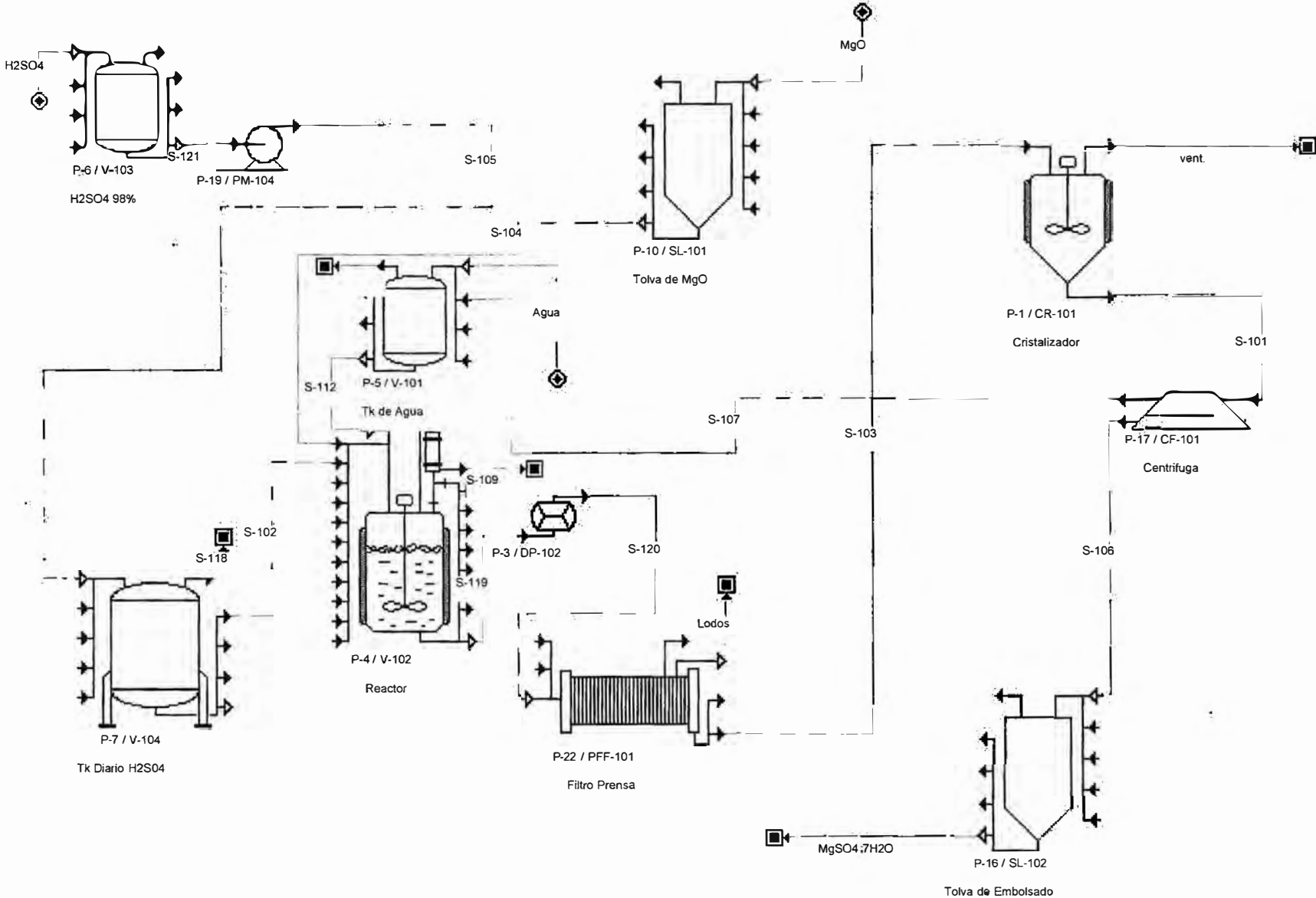
Se observa que los resultados obtenidos en el balance de materiales, diseño de equipos, consumos de energía eléctrica, vapor y agua de enfriamiento, para un primer análisis son bastante aceptables, comparados con los obtenidos por el proceso normal de calculo. El programa permite a su vez proporcionar un análisis ambiental exhaustivo de ser necesario, requiriéndose para ello ingresar los parámetros de cada componente. La aplicación del software facilita el ahorro de tiempo brindando resultados bastante aproximados para una evaluación inicial.

En cuanto al flujo de caja existe ligeras variaciones referidas al proceso comúnmente establecido, pero arrojando resultados bastante similares en cuanto a los resultados económicos, esto se puede apreciar en el cuadro comparativo. El cuadro de servicio de la deuda es demasiado simplificado, difiere del calculo convencional. Presenta numerosas herramientas de ingeniería, procedimientos de estimación de costos bastante rígidos y reportes adicionales, tales como diagramas de Gantt y otros cuadros de análisis, que requieren una aplicación minuciosa del programa.

La simulación realizada al presente proyecto concluye que el software Super Pro Designer, es una herramienta practica, fiable y de fácil aplicación para su empleo en el diseño de procesos de ingeniería.

Item	Unidad	Calculado	Super Pro	% Diferencia
Costo Unitario	US\$/ t	217,2	232,0	6,8
VPN	MUS\$	1 620,3	1 548,0	-4,5
TIR	%	54,1	59,0	9,1
Periodo de Recupero	Año	3,5	3,8	8,6

DIAGRAMA DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE SULFATO DE MAGNESIO



EXECUTIVE SUMMARY (2008 prices)

TOTAL CAPITAL INVESTMENT	564000	\$
CAPITAL INV. CHARGED TO THIS PROJECT	564000	\$
OPERATING COST	1392000	\$/year
PRODUCTION RATE	6000427	kg/year of MgSO4.7H2O
UNIT PRODUCTION COST	0.232	\$/kg of MgSO4.7H2O
TOTAL REVENUES	1980000	\$/year
GROSS MARGIN	29.71	%
RETURN ON INVESTMENT	76.71	%
PAYBACK TIME	3.80	years
IRR AFTER TAXES	59.30	%
NPV (at 10.0 % interest)	1548000	\$

MAJOR EQUIPMENT SPECIFICATION AND FOB COST (2008 prices)

Quantity/ Stand-by	Description	Unit Cost (\$)	Cost (\$)
1/0 SL-102	Silo/Bin Volume = 29000.00 L Diameter = 2.64 m	5000	5000
1/0 PFF-101	Plate & Frame Filter Filter Area = 18.00 m ²	29000	29000
1/0 CR-101	Crystallizer Volume = 17000.00 L Diameter = 3.78 m	31000	31000
1/0 DP-102	Diaphragm Pump Power = 5.32 kW	6000	6000
1/0 V-102	Continuously Stirred Reactor Volume = 15900.00 L Diameter = 2.16 m	18000	18000
1/0 SL-101	Silo/Bin Volume = 4200.00 L Diameter = 1.39 m	4000	4000
1/0 V-101	Receiver Tank Volume = 12588.86 L Diameter = 1.75 m	1000	1000
1/0 V-104	Vertical-On-Legs Tank Volume = 3600.00 L Diameter = 1.22 m	6000	6000
1/0 CF-101	Centritech Centrifuge Rated Throughput = 1500.00 L/h	65000	65000
1/0 V-103	Receiver Tank Volume = 29000.00 L Diameter = 2.39 m	8000	8000
1/0 PM-104	Centrifugal Pump Power = 1.08 kW	4000	4000
	Cost of Unlisted Equipment		0

=====

TOTAL EQUIPMENT PURCHASE COST	177000
-------------------------------	--------

=====

FIXED CAPITAL ESTIMATE SUMMARY (2008 prices)

=====

A. TOTAL PLANT DIRECT COST (TPDC) (physical cost)

1. Equipment Purchase Cost	\$	177000
2. Installation		9000
3. Process Piping		14000
4. Instrumentation		9000
5. Insulation		16000
6. Electricals		12000
7. Buildings		18000
8. Yard Improvement		0
9. Auxiliary Facilities		73000

	TPDC =	328000

B. TOTAL PLANT INDIRECT COST (TPIC)

10. Engineering	13000
11. Construction	75000

	TPIC = 88000

C. TOTAL PLANT COST (TPDC+TPIC) TPC = 416000

12. Contractor's fee	0
13. Contingency	42000

	(12+13) = 42000

=====

D. DIRECT FIXED CAPITAL (DFC) TPC+12+13 = 458000

=====

LABOR REQUIREMENT AND COST SUMMARY

=====

Section Name	Labor Hours Per Year	Labor Cost \$/year	%
Main Section	41500	55000	100.00
TOTAL	41500	55000	100.00

=====

RAW MATERIALS COST SUMMARY

=====

Raw Material	Unit Cost (\$/kg)	Annual Amount (kg)	Cost (\$/yr)	%
Water	0.005	2736600.00	13683	1.22
Sulfuric Acid	0.150	2363400.00	354510	31.59
Insoluble	0.000	103200.00	0	0.00
Oxido de Magnes	0.770	979200.00	753984	67.19
TOTAL		6182400.00	1122000	100.00

=====

VARIOUS CONSUMABLES (2008 prices)

CENTRITECH CENTRIFUGE CONSUMABLES

Procedure Name	Equipment Name	Unit Cost (\$/replacement)	Replac. Freq. (times/yr)	Cost (\$/yr)
P-17	CF-101	800.00	10.52	8000
SUBTOTAL				8000
TOTAL				8000

WASTE TREATMENT / DISPOSAL (2008 prices)

a. SOLID WASTE

Stream Name	Unit Cost (\$/kg)	Annual Amount (kg)	Cost (\$/yr)
a. Subtotal (Solid Waste)			0

b. LIQUID WASTE

Stream Name	Unit Cost (\$/kg)	Annual Amount (kg)	Cost (\$/yr)
b. Subtotal (Liquid Waste)			0

c. EMISSIONS

Stream Name	Unit Cost (\$/kg)	Annual Amount (kg)	Cost (\$/yr)
c. Subtotal (Emissions)			0

WASTE TREATMENT/DISPOSAL TOTAL COST (a+b+c)

0

UTILITY REQUIREMENTS (2008 prices)

ELECTRICITY

Procedure Name	Equipment Name	Annual Amount (kWh)	Cost (\$/yr)
P-1	CR-101	127750	12775
P-3	DP-102	425	43
P-4	V-102	21000	2100
P-10	SL-101	255	26
P-17	CF-101	31800	3180
P-19	PM-104	54	5
Unlisted Equipment		9643	964
General Load		1929	193
SUBTOTAL			19286

HEAT TRANSFER AGENT : Steam (28.0000 \$/1000 kg)

Procedure Name	Equipment Name	Annual Amount (kg)	Cost (\$/yr)
P-1	CR-101	651674	18247
SUBTOTAL			18247
TOTAL			37532

ANNUAL OPERATING COST - SUMMARY (2008 prices)

Cost Item	\$/Year	%
Raw Materials	1122000	80.63
Labor-Dependent	55000	3.94
Equipment-Dependent	29000	2.06
Laboratory/QC/QA	8000	0.59
Consumables	8000	0.60
Waste Treatment/Disposal	0	0.00
Utilities	38000	2.70
Transportation	0	0.00
Miscellaneous	60000	4.31
Advertising and Selling	72000	5.17
Running Royalties	0	0.00
Failed Product Disposal	0	0.00
TOTAL	1392000	100.00

PROFITABILITY ANALYSIS (2008 prices)

A. DIRECT FIXED CAPITAL	\$	458000
B. WORKING CAPITAL		106000
C. STARTUP COST		0
D. UP-FRONT R&D		0
E. UP-FRONT ROYALTIES		0
F. TOTAL INVESTMENT (A+B+C+D+E)		564000
G. INVESTMENT CHARGED TO THIS PROJECT		564000
H. REVENUE STREAM FLOWRATES		
kg/year of total flow (in MgSO4.7H2O)		6000427
I. PRODUCTION (UNIT) COST		
\$/kg of MgSO4.7H2O		0.232
J. SELLING/PROCESSING PRICE		
\$/kg of total flow (in MgSO4.7H2O)		0.330
K. REVENUES (\$/year)		
MgSO4.7H2O		1980000
L. ANNUAL OPERATING COST		1392000
M. GROSS PROFIT (K-L)		588000
N. TAXES (30 %)		177000
O. NET PROFIT (M-N + Depreciation)		432000
GROSS MARGIN		29.71 %
RETURN ON INVESTMENT		76.71 %
PAYBACK TIME (years)		3.80

CASH FLOW ANALYSIS (thousand US \$)

YR	CAPITAL INVESTM	DEBT FINANCE	SALES	OPERAT. COST	GROSS PROFIT	LOAN PAYMENT	DEPREC.	TAXABLE INCOME	TAXES	NET PROFIT	NET CASH FLOW
1	-458	188	0	0	0	0	0	0	0	0	-270
2	-106	0	762	587	175	62	40	73	22	91	-15
3	0	0	1118	822	296	62	40	194	58	176	176
4	0	0	1416	1019	397	62	40	295	89	246	246
5	0	0	1691	1201	490	62	40	389	117	312	312
6	0	0	1839	1299	541	0	40	501	150	390	390
7	0	0	1903	1341	562	0	40	523	157	406	406
8	0	0	1967	1383	584	0	40	544	163	421	421
9	0	0	1967	1383	584	0	40	544	163	421	421
10	0	0	1967	1383	584	0	40	544	163	421	421
11	167	0	1967	1383	584	0	40	544	163	421	588

IRR BEFORE TAXES = 74.297 % INTEREST 10.0% 12.0% 13.0%
 IRR AFTER TAXES = 59.297 % NPV 1548 1358 1273

Depreciation Method: Straight-Line
 DFC Salvage Fraction : 0.133

LOAN INFORMATION (thousand US \$)

	Direct Fixed Capital	Working Capital	Up Front R&D	Up Front Royalties
Amount	458	106	0	0
Equity (%)	59.0	100.0	100.0	100.0
Debt (%)	41.0	0.0	0.0	0.0
Interest (%)	8.5	12.0	12.0	12.0
Loan Time (yrs)	4.0	0.0	0.0	0.0

BREAKDOWN OF CAPITAL OUTLAY (US \$)

YEAR	DIRECT FIXED CAPITAL	WORKING CAPITAL	START-UP COST	UP FRONT R&D	UP FRONT ROYALTIES	TOTAL
1	-457545	0	0	0	0	-457545
2	0	-106000	0	0	0	-106000
3	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0
11	60854	106000	0	0	0	166854

BREAKDOWN OF LOAN PAYMENT (US \$)

YEAR	DIRECT FIXED CAPITAL	WORKING CAPITAL	UP FRONT R&D	UP FRONT ROYALTIES	TOTAL
1	0	0	0	0	0
2	62138	0	0	0	62138
3	62138	0	0	0	62138
4	62138	0	0	0	62138
5	62138	0	0	0	62138
6	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0