

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingenieria Quimica y Manufacturera



**"ESTUDIO TECNICO-ECONOMICO PARA
LA INSTALACION DE UNA PLANTA
DE SULFURO DE SODIO"**

Tesis para obtener el Titulo Profesional de :

INGENIERO QUIMICO

RICARDO TERREROS LAZO

PROMOCION 88 - I

LIMA - PERU

1992

I N D I C E

CAP. I INTRODUCCION

CAP. II RESUMEN Y CONCLUSIONES

2.1 RESUMEN

2.2 CONCLUSIONES

CAP. III ESTUDIO DE MERCADO

3.1 DEFINICION DEL PRODUCTO

3.2 AREA DE MERCADO

3.2.1 Textiles

3.2.2 Curtiembre

3.2.3 Minería

3.2.4 Industria Química

3.3 ANALISIS DE LA OFERTA

3.3.1 Oferta Nacional

3.3.2 Producción Regional

3.3.3 Régimen Aranceles, Precios.

3.3.4 Proyección de la Oferta

3.4 ANALISIS DE LA DEMANDA

3.4.1 Demanda Nacional

3.4.2 Demanda Regional

3.4.3 Proyección de la Importación

3.4.4 Demanda Insatisfecha

3.4.5 Proyección de la Demanda

3.5 EVOLUCION DE PRECIOS

3.5.1 Precios Internacionales

3.5.2 Proyección de Precios.

CAP. IV TAMAÑO Y LOCALIZACION DE PLANTA

4.1 TAMAÑO DE PLANTA

4.1.1 Tamaño - Mercado

4.1.2 Tamaño - Tecnología

4.1.3 Tamaño - Materias Primas

4.1.4 Tamaño - Capacidad Empresarial

4.1.5 Tamaño - Financiamiento.

4.2 LOCALIZACION DE PLANTA

4.2.1 Selección Preliminar

4.2.2 Factores Locacionales

4.2.3 Comparación de Factores

4.2.4 Selección Final.

CAP. V INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1 EL PRODUCTO

5.1.1 Definición del Producto

5.1.2 Especificaciones Técnicas

5.1.3 Grados Comerciales

5.2 SELECCION DE LA TECNOLOGIA

5.2.1 Tecnologías Existentes

5.2.2 Selección de Tecnología

5.3 DESCRIPCION DEL PROCESO SELECCIONADO

5.3.1 Características de la Materia Prima y del Producto

5.3.2 Descripción del Proceso

Primera Etapa - Purific. del Sulfato

Segunda Etapa - Obtención del Sulfuro

5.3.3 Balance de Materia y Energía.

5.3.4 Diseño de Equipos del Proceso y Servicios - Especificaciones

5.4 DISTRIBUCION DE PLANTA

5.5 CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION

CAP. VI ESTUDIO ECONOMICO

6.1 ESTRUCTURA DE LA INVERSION

6.1.1 Inversión de Capital Fijo

6.1.2 Inversión de Capital de Trabajo

6.2 FINANCIAMIENTO

6.2.1 Estructura Financiera

6.2.2 Endeudamiento

6.2.3 Servicio de Deuda

6.3 INGRESOS Y COSTOS DEL PROYECTO

6.3.1 Presupuesto de Ingresos

6.3.2 Presupuesto de Costos de Producción

6.3.3 Presupuesto de Gastos Operativos

6.3.4 Presupuesto de Gastos Totales.

6.3.5 Estado de Pérdidas y Ganancias.

6.3.6 Punto de Equilibrio

6.3.7 Flujo Neto de Fondos Proyectado.

6.3.8 Balance General Proyectado.

6.4 EVALUACION ECONOMICA

6.4.1 Valor Presente Neto.

6.4.2 Tasa Interna de Retorno

6.4.3 Período de recupero

6.4.4 Análisis de sensibilidad.

CAP. VII BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

- I : YACIMIENTOS MAS IMPORTANTES
- II : ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO
- III : OBTENCION DEL SULFATO DE SODIO ANHIDRO
- IV : OBTENCION DEL Na_2SO_4 A PARTIR DE LA THENARDITA
- V : ELABORACION DEL Na_2S - PATENTES
- VI : PROPIEDADES DE LAS SUSTANCIAS
- VII : CALCULOS - PARTE TECNICA
- VIII : CONSUMO DE SERVICIOS
- IX : CALCULOS - PARTE ECONOMICA
- X : LEYES E INCENTIVOS.

CAPITULO I

INTRODUCCION

En la actualidad el Perú importa gran cantidad de insumos básicos, intermedios o elaborados, lo cual representa una considerable salida de divisas que afecta a nuestra economía.

Por esta razón es necesario desarrollar proyectos de sustitución de importaciones, mediante la implementación de procesos de producción adecuados que contribuyan al desarrollo tecnológico, que aprovechen los recursos naturales del país, que tengan baja inversión y buena rentabilidad para incentivar a la inversión tanto nacional como extranjera, y que puedan elevar el nivel socio-económico de las zonas adyacentes a dichos proyectos.

Por ello, el presente estudio tiene por finalidad evaluar la instalación de una planta de producción de Na_2S grado técnico en nuestro país.

Los resultados obtenidos abren la posibilidad de realizar mayores estudios en otras industrias, las cuales serán un aporte al desarrollo del país.

CAPITULO II

RESUMEN Y CONCLUSIONES

2.1. RESUMEN

El proyecto tiene la finalidad de establecer la factibilidad de instalar una planta de 5,000 TM/año de Na_2S al 60% grado técnico, de manera adicional se obtendrán 1,500 TM/año de Na_2SO_4 .

Para efectuar el estudio de mercado se emplearon datos proporcionados por el MICTI, INE, ICE, JUNAC, INGEMMET, MEM, entre otros.

Se comparó dos métodos de estimación de la demanda: Indices de Crecimiento del tipo constante y variable y las correlaciones macroeconómicas e históricas.

Se determinó la existencia de un mercado de 5,500 TM/año para el Na_2S en el país, principalmente en la minería del Sur y en las Curtiembres; además de 8,000 TM/año para el Grupo Andino, estimados entre el período 1,991 - 2,000.

Para determinar el tamaño de planta se tomó en cuenta 5 factores: Mercado, Materia Prima, Tecnolo-

gía, Capacidad Empresarial y Financiamiento. Resultando los tres primeros los más importantes, definiendo un tamaño de planta de 5,000 TM/año.

Para estimar la localización se analizaron 10 factores: Materia Prima, Mercado, Luz, Agua, Terreno, Clima, Mano de Obra, Transporte, Impuestos y Política de Desarrollo. Asignando una ponderación cada factor de acuerdo a su importancia y comparándolo para tres lugares posibles de ubicación: Lima, Arequipa y Tacna; siendo la ciudad de Arequipa la más ventajosa.

Para el desarrollo de la parte técnica se contó con la información obtenida del ITINTEC.

Existen 5 tecnologías que podrían aplicarse para la producción del Na_2S :

- Reducción del Na_2SO_4 con Carbón.
- Reducción del Na_2SO_4 con Hidrógeno.
- Reducción del NaOH con H_2S .
- Reacción del NaOH con S .
- Reducción de la Baritina con Carbón.

Comparando los factores de Materia Prima, Tecnología, Proceso y Grado de Contaminación se eligió al proceso de reducción del Na_2SO_4 con carbón como el más adecuado.

El Sulfato de Sodio se obtendrá por la purificación de la Thenardita existente en la laguna "Las Salinas" (Arequipa), que tienen un 57% de Na_2SO_4 , y el Carbón provendrá de Oyón (Lima).

El mineral es disuelto y cristalizado por el método del Salting Out, que produce un sulfato del 98% de pureza, el cual se combina con carbón del tipo antracita en la proporción de 3:1, los cuales reaccionan en un horno a $950\text{ }^\circ\text{C}$ por 2 horas, el producto se lixivia, filtra y luego se concentra del 15 al 60% de Na_2S en un evaporador de doble efecto, el producto final se enfría, corta en flakes y se envasa.

El proceso de Salting-Out produce una solución al 25% de NaCl , la cual se concentra y cristaliza para recuperar la sal la cual retorna al proceso, asegurando reposición mínima.

Se requieren 15,000 TM/año de mineral y 2,550 TM/año de carbón para producir 5,000 TM/año de Na_2S al 60% y 1,500 TM/año de Na_2SO_4 anhidro, con una reposición de 72 TM/año de NaCl .

El costo de capital fijo asciende a los 2,000 MUS\$ y el del capital de trabajo a los 130,000 US\$.

El costo de materia prima es: thenardita 20 US\$/TM, carbón 80 US\$/TM y NaCl 90 US\$/TM.

El costo unitario de producción asciende a 84 y 248 US\$/TM de sulfato y sulfuro de Na respectivamente, operando a total capacidad.

Se fijó un precio de venta de 600 y 300 US\$/TM de Sulfuro y Sulfato de Sodio respectivamente, operando por 10 años desde una capacidad de 3,000 TM/año a 5,000 TM/año de Na₂S en el año 5.

Se tomó niveles del 30, 50 y 70% de financiamiento y 12% de interés anual, con una tasa de corte del 15%, depreciación lineal sin valor de rescate al final del ejercicio.

Se obtuvo resultados favorables en todos los casos tanto para el VAN y TIR, con un periodo de recupero promedio de 3 años.

Mediante el análisis de sensibilidad se estudió la influencia del precio de venta, volumen de ventas, % de financiamiento e interés, y así preveer el posible comportamiento del proyecto en condiciones críticas.

2.2. CONCLUSIONES

1. El proyecto podría sustituir totalmente la importación de NazS representando el 90% de la demanda nacional, pues el 10% restante es cubierto por la producción nacional actual.
2. Es factible la exportación del NazS al Grupo Andino siendo Venezuela el principal mercado con 3,500 TM/año.
3. El NazS producido sólo competirá con el mercado internacional, al no existir otros proyectos semejantes ser implementados a corto plazo dentro del Grupo Andino.
4. El consumo de NazS esta ligado principalmente con la producción y leyes de los concentrados de Cobre y Molibdeno, así también con la producción de cueros, correspondiéndoles un 80 y 12% de la demanda nacional total.
5. A pesar de la reducción de consumo se espera que la demanda prevista no baje de las 5,000 TM/año para el mercado nacional y 8,000 TM/año para el Grupo Andino, en el período de 1991 - 2000.
6. Los parámetros macroeconómicos analizados no ofrecen una buena correlación para la estimación de la demanda, efectuándose esta con la

producción de minerales de Cobre y Molibdeno.

7. Se fijó un precio de venta de 0.60 US\$/Kg y 0.30 US\$/Kg para el Sulfuro y Sulfato de Sodio los cuales pueden rebajarse aún más para competir con el importado de 0.70 US\$/kg CIF y 1.2 US\$/Kg de precio de venta.
8. El bajo precio daría oportunidad a pequeñas empresas para poder emplear el producto sobre todo en curtiembres y minería, con un aumento de la demanda. Las proyecciones efectuadas por el método de correlaciones arrojan resultados menores que el de los índices, tomando a los primeros por ser los más conservadores.
9. El mercado y materia prima son los factores más importantes en la estimación del tamaño de planta.
10. Con un tamaño de planta de 5,000 TM/AÑO se podría cubrir la demanda nacional proyectada que oscila entre los 5,500 y 6,000 TM/AÑO, más aún existe la posibilidad de exportar al Grupo Andino que representa un mercado de 8,000 TM/AÑO.
11. Las 5 tecnologías evaluadas para producir el Na₂S tienen rangos de producción entre las 1,000 a

10,000 TM/AÑO, lo que podría asegurar una producción de 5,000 TM/AÑO.

12. Entre las materias primas estudiadas para cada proceso la Thenardita, el Carbón y la Baritina, son las de más fácil acceso, abundancia y explotación en el país.
13. Por el contrario otras materias primas representan desventajas tales como el NaOH que tiene un precio elevado, la baja producción de H₂S, H₂ y Azufre, y el Na₂CO₃ que es importado.
14. Por lo tanto es posible definir un tamaño de planta de 5,000 TM/AÑO de Na₂S al 60%.
15. De los 10 factores empleados en la localización, los más importantes son la materia prima, mercado, servicios y descentralización, que suman el 70% del puntaje total a evaluar.
16. Ponderando todos estos factores sobre las ciudades de Lima, Arequipa y Tacna, se obtuvo el puntaje de: Arequipa 80/100, Tacna 62/100 y Lima 46/100, fijando a la primera como lugar de ubicación, lo que contribuirá al desarrollo de la zona.

17. Si se tomara en cuenta solo el factor de materia prima, el proceso de la Baritina con Carbón ofrece más ventajas de ser ubicado en Lima.
18. Los factores determinantes en la selección de tecnología fueron la materia prima, tecnología, facilidad del proceso y grado de contaminación.
19. El sulfato de sodio obtenido por el método del salting-out (USA), ofrece mayores ventajas que el de Headgraves o el de Leblanc (ALEMANIA), debido a que no produce contaminación, es más sencillo y consume menor energía.
20. Si se desea ahorrar energía el producto puede venderse en solución al 20% en peso, evitando evaporar la solución hasta el 60%. Las reservas de Thenardita alcanzan las 1'500,000 TM, las cuales garantizan la explotación del yacimiento por 80 años.
21. El empleo de agua proveniente de los evaporadores significa un considerable ahorro de energía, dicha agua se empleará en la dilución del mineral y del sulfuro de Na producido, como también para el caldero.
22. El costo de la NaCl recuperado durante la purificación del Na₂SO₄ es menor que el de reposición lo cual justifica esta etapa del proceso.

23. La dilución se facilita por la buena solubilidad del Sulfato y la agitación adecuada, además, la dilución directa de la ceniza del Sulfuro evita su oxidación a Sulfato debido al O₂ del aire.
24. Se tiene un ahorro substancial de energía al emplear los gases de combustión del horno rotatorio para evaporar la solución de Na₂S y concentrarla al 60%, además se puede calentar el aire que ingresa al quemador del horno.
25. La conversión depende de mantener la temperatura del horno entre los 900 - 950 °C, mezclando bien los componentes y mantener la atmósfera reductora equivalente al 5% del aire en exceso para la reacción química.
26. Se obtiene un Flujo Neto de Fondos positivo para todo el período de vida útil.
27. El empleo de toda la capacidad instalada dependerá de obtener un buen producto (Na₂S al 60%) a precio razonable, que pueda ser introducido en el mercado nacional y del Grupo Andino.
28. Los valores del VAN y TIR obtenidos revelan que el proyecto contaría con la suficiente liquidez y rentabilidad que requiere para su ejecución.

29. El período de recupero de tres años es el más común para proyectos de esta envergadura lo cual da mayor confiabilidad a la estimación económica efectuada.
30. El punto de equilibrio es de 1,500 TM/AÑO del Na_2S al 60%, que equivale al 30% de la capacidad instalada, la evaluación del VAN y TIR del proyecto indica que este es rentable al emplear más del 40% de dicha capacidad, que equivale a 2,000 TM/AÑO, demostrando la flexibilidad del proyecto ante una baja del mercado.
31. Por otro lado se puede rebajar el precio de venta hasta 400 US\$/TM y 100 US\$/TM para el Sulfuro y Sulfato de Sodio respectivamente para lograr mantener el volumen de ventas y poder competir.
32. En condiciones normales de operación el producto se vendería a 600 y 300 US\$/TM del Sulfuro y Sulfato de Na, resultando competitivas aún ante el producto importado y haciendo posible el aumento de la demanda de estos compuestos en las industrias que lo requieran.
33. La venta adicional del Na_2SO_4 significa un ingreso extra de 450,000 US\$/AÑO representando un 13% del total de ventas.

34. El costo de producción del Na_2S (248 US\$/TM) depende en un 45% del costo de producción del Na_2SO_4 purificado (84 US\$/TM), y el costo de este último depende en un 45% del costo de la Thenardita (80 US\$/TM), lo que indica una gran influencia de la materia prima sobre el costo final del producto.
35. De la evaluación de todos los resultados anteriores se concluye que existe la factibilidad de instalar una planta de 5,000 TM/AÑO de Na_2S al 60%, dependiendo de su ejecución de la decisión y el interés del sector público o privado.

CAPITULO III

ESTUDIO DE MERCADO

En este capítulo se expone la evolución del Na_2S frente al mercado nacional, y del Grupo Andino, para una serie histórica de años, considerados dentro del período 1980 al 1989.

Como segundo punto, se efectuó la proyección de la demanda, oferta y precios del Na_2S para el período 1991-2000.

3.1. DEFINICION DEL PRODUCTO

El proyecto tiene por finalidad producir sulfuro de sodio grado técnico (Na_2S al 60%).

3.2. AREA DE MERCADO.

A continuación se indica el uso que el Na_2S tiene en nuestro país.

3.2.1. TEXTILES.

El Na_2S es el elemento básico en la fabricación de colorantes inorgánicos a base

de azufre, empléandose también como disolvente de dichos colorantes, generalmente se le emplea en solución al 32% 62% en peso, también se usa como mordiente de la tela en el proceso de teñido de algodón, mejorando la fijación de los colores y como aditivo en la fabricación de colorantes sulfonados.

3.2.2. CURTIEMBRE.

Se emplea como agente depilatorio de las pieles al soltar el pelo de su base, de esta manera facilita la limpieza y descarnado de las mismas, reduciendo su deterioro.

En nuestro país existe un amplio sector de curtiembres contando con ganado adecuado y en cantidades apreciables, sin embargo existe una importación significativa (Cuadro N° 3.1.).

CUADRO N° 3.1

DEMANDA DE CUERO NACIONAL
(Kg. de Pieles)

	80	81	82	83	84	85	86
Producción	15,816	17,500	14,800	13,700	14,900	15,100	17,000
Importación	5,500	8,200	7,300	9,900	10,100	8,300	7,400
Exportación	1,600	1,200	800	900	800	700	1,200

FUENTE : NICTI

La producción nacional de cuero se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Arequipa	19.1%
Lima	70.9%
Cuzco	1.1%
Otros	8.9%

FUENTE MICTI

3.2.3. MINERIA

El sulfuro de sodio tiene múltiples aplicaciones en este campo, pudiendo enumerar las siguientes

- Tratamiento de minerales oxidados de Cu, Pb y Zn permitiendo su flotación y concentración.
- Depresor selectivo de la galena (PbS_2) y esfalerita (ZnS) en la flotación de la chalcopirita mineral de Cu.
- Pruebas de desorción disolvente para el oro.
- Depresor de minerales sulfurados para separar el MoS_2 .

El Na_2S generalmente se emplea con trióxido de arsénico As_2O_3 en la proporción de 3.6 partes de sulfuro a 1 parte del trióxido, junto con 1 parte de ferrocianuro de Na (de manera opcional). A la mezcla así formada se le conoce con el nombre de ASMOL-F.

Se emplea de 5 a 7 Kg. de Na_2S por tonelada de concentrado de Cu tratado, dicho consumo se ilustra en el Cuadro N° 3.2.

CUADRO N° 3.2

CONSUMO DE Na_2S (*)

MINERAL Cu(&)	Millón TM	LEY (%)		Concentrado		Na_2S	
		Cu	Mo	Miles TM/AÑO	Mo	TM/AÑO	
SULFURO OXIDO	970	54	1.0	0.035	804	2.8	4,021

FUENTE : INGEMMET, elaboración propia.

(*) Promedio años 81 - 90

(&) Total reservas Toquepala y Cuajone.

Además existen otros yacimientos que podrían emplear el Na_2S para obtener el Mo, Cuadro N° 3.3.

CUADRO N° 3.3

YACIMIENTOS DE MOLIBDENO

LUGAR	MINERAL	UBICACION
Huagri	Mo, Sn, Mg	Ancash-E de Huaraz
Pallasca	Mo, Ba	Ancash-Huaraz.
Bolognesi	Mo, Cu	Ancash.
Cajatambo	Mo, Cu	Lima-Cajatambo
Cuzco	Mo, K	Cuzco
Turmalina	Mo, Cu	Piura
Janshiscocha	Mo, V, Cu	Junín
San Judas	Cu - Mo	Puno
Salcatay	Mo - Cu	Cuzco, Anta.

FUENTE : INGEMMET - M.E.M., Elaboración Propia

Por lo tanto, existe un gran potencial de mineral debiendo mencionar que el molibdeno puro en la actualidad se cotiza a 16.30 US\$/lb., como MoS₂ concentrado a 2.6 US\$/lb y como óxido MoO₃ a 3.5 US\$/lb., ofreciendo un factor atractivo para impulsar su explotación en el país.

CUADRO N° 3.4

DISTRIBUCION DE CONSUMO
DEL Na₂S

Minería (Sur)	80.17
Textil	3.23
Cuero	12.24
Químicos	3.84
Otros	0.52

FUENTE : Dirección General de Industrias
MICTI. (Valores promedios de los
años 81 - 90).
Elaboración Propia.

3.2.4. INDUSTRIA QUIMICA

En este campo existe gran variedad de posibilidades de empleo, pudiéndose mencionar las siguientes:

- Materia prima para elaborar derivados del azufre, tales como polisulfuro de sodio, sulfito de Na, hidrosulfito, etc.

- Agente mejorador de la resistencia del papel craft.
- Aditivo de cierto tipo de pinturas.
- Aditivo para reactivos empleados en el revelado fotográfico.
- Baños de ganado lanar, debido a su alto poder oxidante, se le emplea como desinfectante y antiparasitario.
- Fabricación de Na_2CO_3 libre de Fe.

De acuerdo a las diversas formas de empleo del Na_2S , se elaboró el cuadro N° 3.4, llegando a la conclusión; que el mercado más importante se encuentra en el sur del país, siendo la minería la actividad que mayor consumo presenta para este compuesto, seguido por la capital, por la gran concentración de industrias que tiene.

3.3. ANALISIS DE LA OFERTA

De acuerdo a la información obtenida podemos exponer los siguientes datos para el período 1980-1989.

3.3.1. OFERTA NACIONAL.

Actualmente el $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ es producido por

la compañía Química Leucos S.A. en cantidades limitadas (con una capacidad instalada de 700 TM/anuales), anteriormente la compañía RAYON & CELANESSE S.A. lo producía, pero ha dejado de hacerlo en la actualidad.

De esta manera en el cuadro N° 3.5 apreciamos la producción nacional, visualizado mejor en el gráfico N° 3.1. no habiéndose registrado exportación conocida en los últimos 14 años.

CUADRO N° 3.5

PRODUCCION NACIONAL DE Na₂S
(TM/Año)

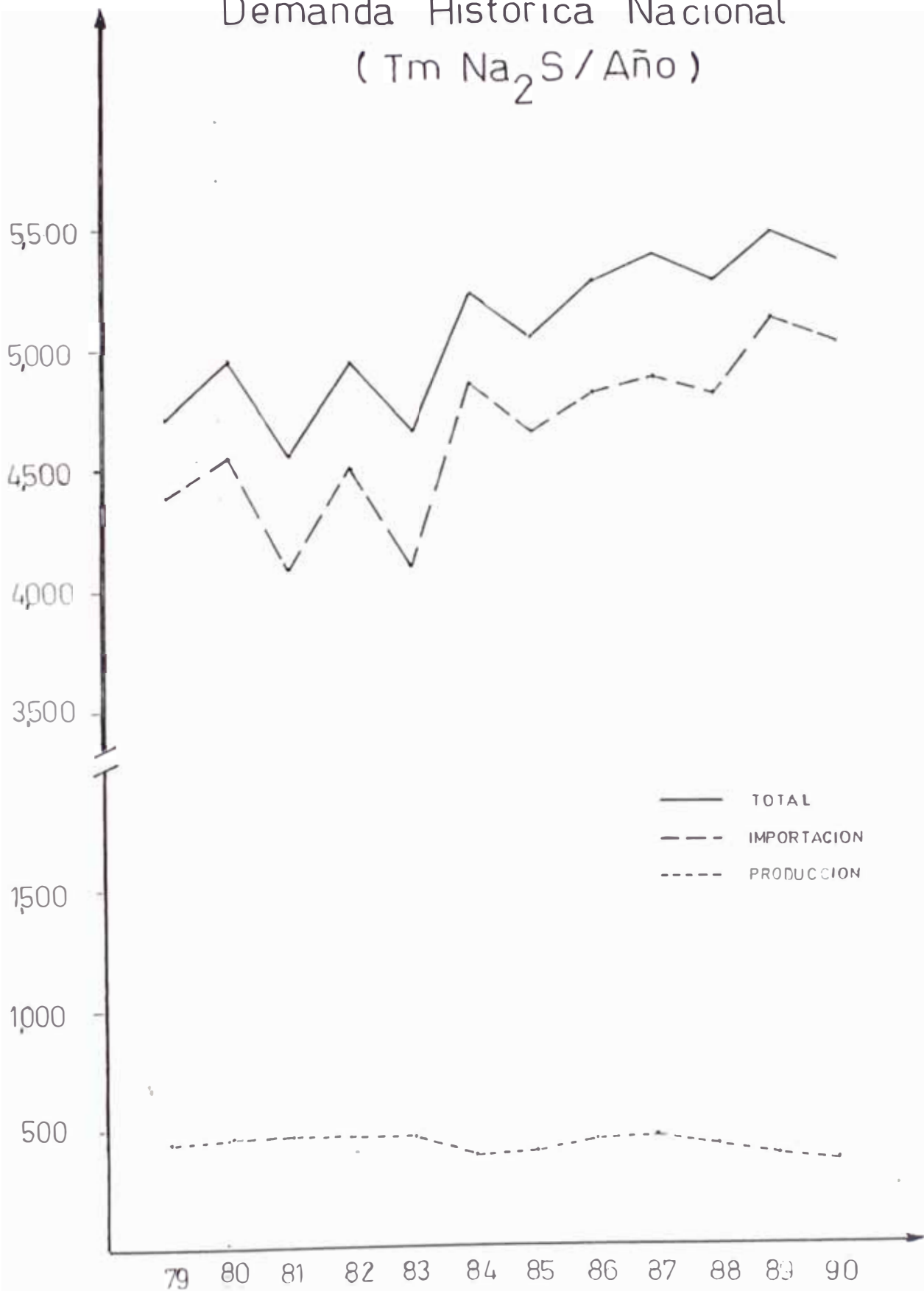
	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
TM/AÑO	421	438	436	442	447	352	384	462	476	443	392	381
M US\$	316	331	331	338	354	286	344	426	425	380	359	348

FUENTE : Dirección de Estadística y Registro MICTI Sector Manufacturero.
Elaboración Propia.

3.3.2. PRODUCCION REGIONAL

En el cuadro N° 3.6 se observa la situación actual de producción y exportación de los otros países del Grupo Andino.

GRAFICO N° 3.1
Demanda Historica Nacional
(Tm Na_2S / Año)



CUADRO N° 3.6
PRODUCCION GRUPO ANDINO Na₂S

	N° de Plantas	Capacidad Instalada TM/AÑO	Produc. TM/AÑO	Exportación
Bolivia	- -	-.-	-.-	- -
Colombia	1	8,000 (*)	6,200	(**)
Ecuador	- -	-.-	-.-	- -
Venezuela	- -	-.-	-.-	-.-
Perú	1	700	400	-.-

- * : Colombia registró una exportación hasta 1983 del orden de 200 TM/año. Actualmente toda su producción se emplea para consumo interno, principalmente para producir Na₂CO₃
- ** : La compañía Alcalis de Colombia S.A. ha producido Na₂S desde hace más de 20 años, en 1983 amplió su capacidad instalada de 3,000 a 8,000 TM/año.

FUENTE : MICTI - JUNAC, Elaboración Propia.

Por lo expuesto el Perú podría incrementar su producción de Na₂S para satisfacer el mercado nacional y regional.

3.3.3. REGIMEN DE ARANCELES, PRECIOS

Es necesario mencionar de manera breve los principales procedimientos que facilitan el intercambio comercial entre los países de la sub-región.

a. Aranceles.

Dentro del grupo andino (GRAN) se

aplica el mecanismo de Desgravación Lineal Automática, por el cual todo producto exportado de un país a otro de la GRAN se halla libre del pago de arancel correspondiente, tal como el Derecho Ad-Valorem y la sub-tasa arancelaria.

b. Precios.

En el cuadro N°3.7 se detallan los precios de venta del Na2S en los países productores expresados en dólares americanos corrientes.

CUADRO N° 3.7

PRECIOS DE Na2S PRODUCIDO
(Expresado en Dólares Americanos)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Perú (*)	680	765	792	813	895	921	893	921	915	920
Colombia (**)	820	850	720	740	735	810	915	931	946	955

(*) No incluye el costo de I.G.V.

(**) Puesto en planta al mayor o menor.

FUENTE : Elaboración Propia. JUNAC.

3.3.4. PROYECCION DE LA OFERTA.

Con los datos históricos se efectuó la proyección de la oferta respectiva, empleando dos métodos distintos: determinación de una tasa de crecimiento anual y el empleo de correlaciones.

a. Indices de Crecimiento.

En el primer método se determinan los índices de variación de la producción de un año a otro mediante la ecuación:

$$Pf = Po (1 + i)^n \quad \dots\dots\dots (ec 3.1)$$

Despejando (i)

$$i = \left(\frac{Pf^{1/n}}{Po} \right) - 1 \quad \dots\dots\dots (ec 3.2)$$

Donde

Po = Producción del año: base.

Pf = Producción del año "n"

i = Tasa de crecimiento

n = Años después del año base.

Tomando los datos del Cuadro N° 3.5 se elaboró los índices de variación para los años correspondientes, efectuando con ellos un promedio aritmético se halló el valor de $i = 1.17$ (Cuadro N° 3.8). Luego se realizará la proyección de la producción tomando un índice del 1%, tomando como año base a 1989 y valor inicial el promedio de producción en el período 80-89 $Po = 424$ (Cuadro N° 3.9).

CUADRO N° 3.8

PRODUCCION NACIONAL INDICE DE CRECIMIENTO
(NazS)

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
Prodcc.	438	436	442	447	352	384	462	476	443	392
Indice	4.04	-0.46	1.38	1.13	-14.54	8.63	20.31	3.03	-6.9	-5.5

Promedio $i = 1.17$

FUENTE : Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.9

PROYECCION DE LA PRODUCCION NazS
Tasa de Crecimiento Constante
(TM/AÑO)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Prodcc.	433	437	441	446	450	455	459	464	468	473

FUENTE : CUADRO N° 3.8

En el caso de Colombia sólo se tiene el dato de producción promedio de 6,200 TM/AÑO, con una capacidad instalada de 8,000 TM/AÑO, se asumió que en los 10 años siguientes se cubrirá dicha capacidad, esto equivale a un incremento de producción anual del 2.5%, efectuando con este valor la proyección correspondiente. (Cuadro N°3.10)

b. Correlaciones.

Para el empleo de correlaciones se empleó el ajuste a diversas curvas, siendo la ecuación más adecuada la siguiente:

Producción Vs Tiempo :

$$Y = 0.8820X + 429.273 \text{ Corr} = 0.887 \text{ (ec.3.3)}$$

Que se tabula desde el año 1991 al 2,000 donde X equivale al valor de 11 a 21 como se aprecia en el Cuadro N° 3.10.

Al comparar ambos resultados se tomó el menor valor proyectado para ofrecer una proyección conservadora.

CUADRO N° 3.10

PROYECCION DE LA OFERTA REGIONAL DE Na2S
(TM/AÑO)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Perú(*)	441	441.9	442.5	443.4	444.3	445	456	447	448	449
Colombia(**)	6,514	6,677	6,844	7,015	7,190	7,670	7,554	7,743	7,940	8,000

(*) Calculado de la Correlación ec. 3.3

(**) Calculado de los índices.

3.4. ANALISIS DE LA DEMANDA

En esta parte expondremos la demanda histórica, basado en la importación requerida para cubrir las necesidades del mercado nacional.

3.4.1. DEMANDA NACIONAL

Viene a ser la agrupación de distintos rubros, los cuales se pueden expresar de la siguiente manera:

$$\begin{array}{r} \text{Demanda} \\ \text{Nacional} = \end{array} \begin{array}{r} \text{Producción} \\ \text{Nacional} + \end{array} \begin{array}{r} \text{Impor-} \\ \text{tación} - \end{array} \begin{array}{r} \text{Expor-} \\ \text{tación} \end{array} \begin{array}{l} \text{(Ec 3.4)} \\ \text{Dnt} \quad \quad \quad \text{(Pn)} \quad \quad \quad \text{(Im)} \quad \quad \quad \text{(Exp)} \end{array}$$

De acuerdo al Cuadro N°3.11 se aprecia el volumen de importaciones de Na2S como TM/AÑO.

En el cuadro N° 3.12 se presenta de manera desagregada el consumo de Na2S en cada rubro mencionado en el Cuadro N° 3.4.

De acuerdo a los procedimientos de comercio exterior el Na2S neutro se identifica por la partida arancelaria 28.35.01.01 de la escala NABANDINA, Sección Productos Químicos.

En el Cuadro N° 3.13 se aprecia la relación de los principales países proveedores del Na2S importado.

CUADRO N° 3.11

IMPORTACION DE Na2S PERU
(Expresado en Miles de Dólares)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
TM/AÑO	4,103	4,505	4,115	4,893	4,679	4,804	4,892	4,844	5,150	4,850
US\$/FOB	1,387	1,590	1,930	1,541	1,483.2	1,633	1,448	1,962	2,184	2,114
US\$/CIF	2,158	2,414	2,823	2,202	2,068	2,267	2,162	2,587	2,879	2,687

FUENTE : Instituto de Comercio Exterior - ICE
Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.12

CONSUMO DE Na2S POR ESTRATOS
(TM/AÑO)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Minería	3,650	3,995	3,680	3,981	4,110	3,910	4,120	4,225	4,392	4,150
Textil	146.6	160	147.4	169.4	163.5	170	173.4	169.8	177.4	153
Cuero	566	617	568	693	619.7	695	667	653	672	643
Químicos	180	192	175	210	196	218	206	210	215	210
Otros	53	52	31	40	53	54	39	47	34	27
Total	4,595	5,026	4,604	5,093	5,142	5,047	5,205	5,305	5,490.4	5,183

FUENTE : SNI - MICTI - Dirección de Estadística Industrial. Elaboración Propia.

No existe exportación actual del sulfuro en nuestro país, ni en los últimos 20 años.

CUADRO N° 3.13

PRINCIPALES PROVEEDORES DE Na₂S

PAIS	PRECIO CIF (*) (US\$/Kg)
Alemania Occidental	0.68
EE.UU.	0.62
Brasil	0.67
Países Bajos	0.58
Argentina	0.68

(*) Precio a Dic. 1990

FUENTE : ICE, Elaboración Propia.

Agrupando los datos de los Cuadros N° 3.5 y 3.11 se obtiene la demanda nacional total de Na₂S como se aprecia en el Cuadro N° 3.14, debe observarse que este valor difiere ligeramente del obtenido en el Cuadro N° 3.12 debido a que ambos provienen de diversa fuente, pero que en términos globales arroja un resultado aceptable que confirma la veracidad de ambas fuentes para los resultados que de ellas se obtengan. (Ver Gráfico N° 3.1)

CUADRO N° 3.14

DEMANDA NACIONAL
(TM/AÑO)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Import.	4,103	4,505	4,115	4,893	4,679	4,804	4,892	4,844	5,150	4,850
Producec.	436	442	447	352	384	462	476	413	392	381
Total	4,539	4,947	4,562	5,245	5,063	5,266	5,368	5,257	5,542	5,231

FUENTES : Cuadros Nos 3.5 y 3.11

3.4.2. DEMANDA REGIONAL

Para el Grupo Andino la demanda es igual a la importación, salvo Colombia que registra una producción apreciable y un escaso volumen de importación en los últimos años, todos los resultados se aprecian en el cuadro N° 3.15. Visualizado mejor en el Gráfico N° 3.2.

CUADRO N° 3.15

DEMANDA REGIONAL
(TM/AÑO)

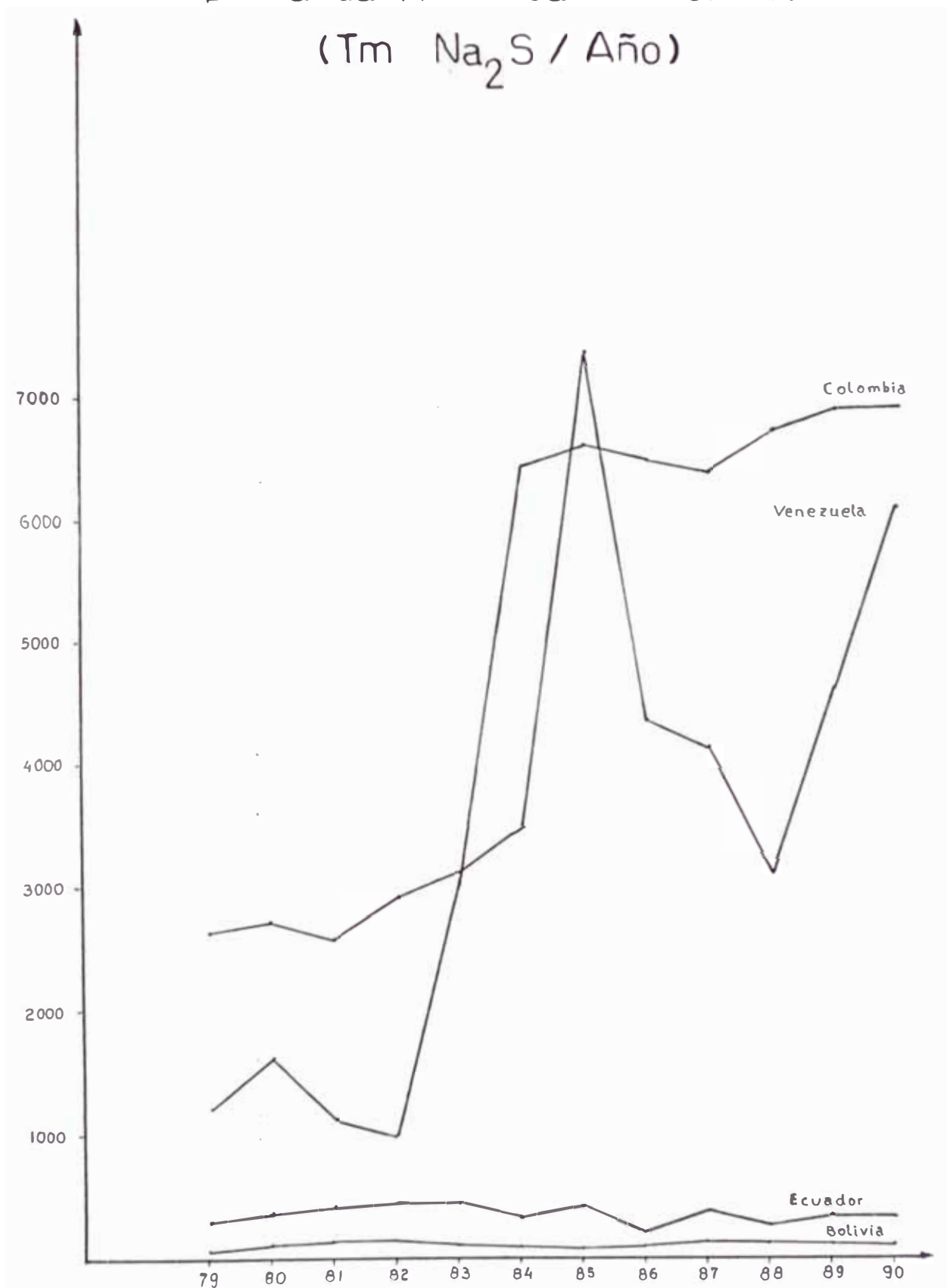
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Bolivia	115	145	163	122	112	ND	129	183	194	190
Colombia&	2,551	2,944(*)	3,068	6,395	6,530	6,480	6,390	6,740	6,850	6,890
Ecuador	418	415	480	370	441	231	372	257	321	320
Venezuela	1,212	1,116	3,078	3,455	7,296	4,236	4,148	3,085	4,620	6,000

& Se ha sumado a la importación el valor de la producción de 2,500 TM/AÑO

* A partir de este año se amplió la producción de 2,500 a 6,200 TM/año.

FUENTES : JONAC, Elaboración Propia.

GRAFICO N° 3.2
Demanda Historica del GRAN
(Tm Na_2S / Año)



3.4.3. PROYECCION DE LA IMPORTACION

Se efectuaron dos métodos distintos: tasa de crecimiento y regresión simple.

a. Tasas de Crecimiento

Se determina el porcentaje de crecimiento de la variable a proyectar (i), basado en la información histórica, existen 2 formas de tabulación, las cuales son:

Tasa de Constante

En el Cuadro N° 3.16 se aprecia el porcentaje de variación de la importación, cada 2 años, efectuando ésto se obtiene un promedio aritmético, luego se aplica la fórmula:

$$I_f = I_0 \times (1 + i)^n \dots\dots(\text{Ec. 3.5})$$

Donde :

I_0 = Valor de la importación año cero.

I_f = Valor final de la importación año n

n = Año después del año cero

i = Tasa de crecimiento.

El año cero corresponde a la importación del año 1989 pudiendo apreciarse en el

cuadro N° 3.17, la proyección de la importación en el período dado, tanto para el Perú y del GRAN.

CUADRO N° 3.16

TASA DE CRECIMIENTO DE LA IMPORTACION
DE Na₂S (GRUPO ANDINO)

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
Indice Perú	5.32	-9.9	9.8	-8.7	18.91	-4.37	2.5	2.04	-1.0	6.52
Indice GRAN	-0.41	30.76	-15.75	17.84	65.98	-	-	-5.7987	-18.97	37.38

Perú i Promedio = 2.112% Po = 5,150 Año Base = 1989 Perú
 GRAN i Promedio = 8.07% Po = 5,586 Año Base = 1989 GRAN

FUENTE : Cuadros Nos 3.11 y 3.15

CUADRO N° 3.17

PROYECCION DE LA IMPORTACION DE Na₂S
GRUPO ANDINO Tasa Cte (TM/AÑO)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
Perú	5,358	5,465	5,575	5,686	5,799	5,916	6,034	6,155	6,278	6,403
GRAN	6,516	7,037	7,600	8,208	8,864	9,577	10,339	11,166	12,059	13,025

FUENTE : Cuadro N° 3.16

Tasa Variable

En este caso se tomarán distintos valores de tasa de crecimiento, cercana a la tasa constante determinada (i), de esta forma se tabulan por la Ec. 3.5, apreciando los resultados en el Cuadro N° 3.18

De manera similar se efectuó este resultado para el GRAN mostrados en el cuadro N° 3.19 para un crecimiento del 7 y 8% anual en la importación.

CUADRO N° 3.18

PROYECCION DE LA IMPORTACION DEL Na2S
PERU (TM/AÑO) (Tasa Variable)

X	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
1	5,254	5,306	5,359	5,413	5,467	5,521	5,577	5,632	5,689	5,746
2	5,464	5,628	5,796	5,970	6,149	6,334	6,524	6,720	6,921	7,129

FOENTE : Ec. 3.5

CUADRO N° 3.19

PROYECCION DE LA IMPORTACION DEL Na2S
GRAN (TM/AÑO) (Tasa Variable)

X	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
7	6,395	6,843	7,322	7,835	8,383	8,970	8,598	10,270	10,989	11,758
9	6,637	7,234	7,885	8,595	9,368	10,211	11,130	12,132	13,224	14,414

FOENTE : ec. 3.5

b. Regresión Simple

En este caso se emplearán métodos numéricos (correlaciones), para dos tipos de factores macroeconómicos e históricos.

Regresión macroeconómica.

Para ello se evalúa a la importación en función de diversos indicadores económicos. En el cuadro N° 3.20 se aprecian los datos del PBI, Producto Percapita y PBI minero, considerado este último debido al mayor porcentaje de empleo del NazS en este campo. Empleando la regresión lineal entre estos factores y el valor de la demanda histórica se obtuvo las siguientes correlaciones.

PBI Vs. Demanda Total

$$Y = 0.623X + 2,713.3 \dots\dots\dots (\text{Ec. 3.6})$$

Corr = 0.512 (Se rechaza)

Pper Capita Vs. Dtotal :

$$Y = -3.331X + 5,775.8 \dots\dots\dots (\text{Ec. 3.7})$$

Corr = -0.288 (Se rechaza)

PBI Minero Vs. Dtotal :

$$Y = -1.645X + 5,797.759 \dots\dots\dots (\text{Ec. 3.8})$$

Corr = -0.163 (Se rechaza)

Por lo expuesto se concluye que las predicciones del mercado del NazS no tiene una relación directa con las variables macroeconómicas revelando que debe existir otra fuente que los relacione.

CUADRO N° 3.20

PRINCIPALES INDICADORES ECONOMICOS
DEL PAIS - 1979 *
(Expresado en Millones de intis)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
*PBI	3,856	3,857	3,357	3,384	3,610	3,974	4,283	3,908	3,875	3,710
*P. per Cápita	217.2	212	181	185	183	197	207	184	178	165
*PBI Minero	442	471	440	460	483	466	457	371	420	361

FUENTE : M.E.F. Reporte I.N.E.-1990 ; * año base

Debido a esto se consideró el estudio de la demanda del NazS en el sector minero exclusivamente como una función de la producción del concentrado de Co o Mo proveniente de la minería del Sur. En el Cuadro N° 3.21 se aprecia la evolución de dicha producción de minerales concentrados, los cuales se correlacionan con los de

consumo de Na_2S en el sector minero, provenientes del Cuadro N° 3.12, obteniéndose las siguientes evaluaciones:

Consumo Minero Vs. Producción del Concentrado de Mo:

$$Y = 0.707X + 2,066.18 \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.9})$$

$$\text{Corr} = 0.894 \quad (\text{Se acepta})$$

Consumo Minero Vs. Producción del Concentrado de Cu.

$$Y = 4.927X + 62.556 \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.10})$$

$$\text{Corr} = 0.939 \quad (\text{Se acepta})$$

Consumo Minero Vs. PBI Minero

$$Y = -2.688X + 5,097.7 \dots\dots\dots(\text{Ec. 3.11})$$

$$\text{Corr} = -0.291 \quad (\text{Se rechaza})$$

Como el consumo de Na_2S en minería es función de la producción del concentrado de Cu y Mo se hace necesario establecer una ecuación que permita proyectar la demanda respectiva obteniendo las siguientes correlaciones:

Producción del Concentrado de Mo:

$$Y = 66.088X + 2,297.59 \dots\dots(\text{Ec. 3.12})$$

$$\text{Corr} = 0.976 \quad (\text{Se acepta})$$

Producción del Concentrado de Cu:

$$Y = 20.626X + 622.886 \dots\dots(\text{Ec. 3.13})$$

$$\text{Corr} = 0.814 \quad (\text{Se acepta})$$

En base a estas correlaciones se elaboró el Cuadro N° 3.22 donde se aprecia la proyección de la producción de mineral de Cu y Mo, junto con la proyección correspondiente de consumo de Na₂S para minería, visualizados mejor en el Gráfico N° 3.3.

CUADRO N° 3.21

PRODUCCION DE CONCENTRADOS (TM/AÑO)
(Minería del Sur (Southern))
(Expresado en Miles)

	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
Cobre	670	786	884	792	817	734	775	843	865	871
Molib.	2.48	2.59	2.40	2.69	2.94	2.49	2.79	2.951	3.11	2.91

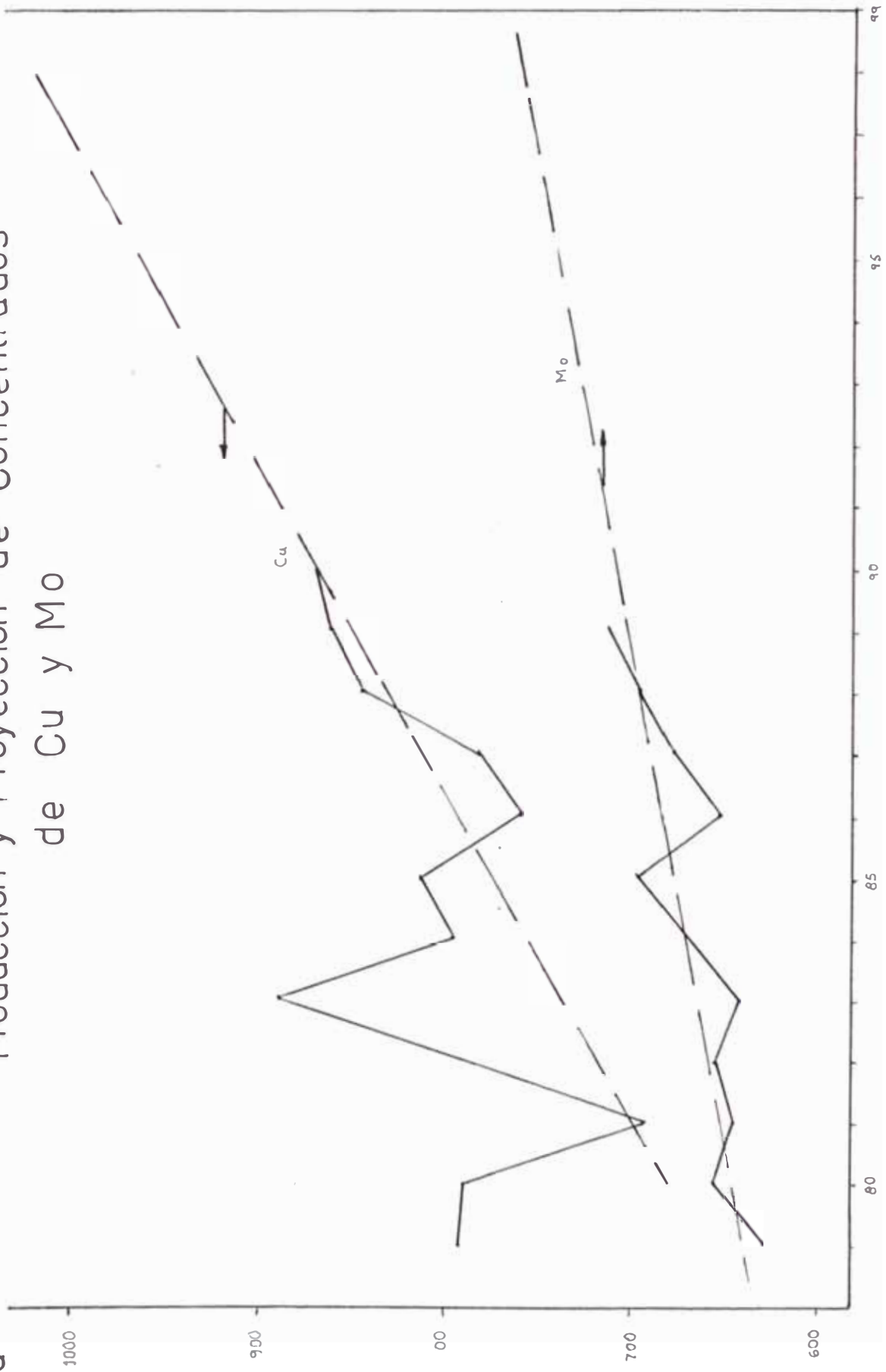
FUENTE : INGENHBT

GRAFICO N° 3.3

Producción y Proyección de Concentrados
de Cu y Mo

Mo

Cu



CUADRO N° 3.22

PROYECCION DE LA PRODUCCION DE CONCEN-
TRADOS DE Cu y Mo (Miles TM/AÑO)
y CONSUMO DE Na₂S (TM/AÑO)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2000
Concen.de Mo Vs t.	3.15	3.2	3.3	3.35	3.42	3.49	3.55	3.62	3.68	3.75
Concen.de Cu Vs t.	891	911.7	932.8	952.9	973.5	994.2	1014.8	1035	1056	1077
Na ₂ S Vs.C.Mo	4298	4345	4391.4	4438.1	4485	4530	4578	4625	4672	4718.5
Na ₂ S Vs.C.Cu	4452.6	4554	4655.9	4757.5	4859.1	4960.8	5062.4	5164	5266	5367.3

FUENTE : Correlaciones : Ec. 3.9, 3.10, 3.12 y 3.13

Con ello se puede concluir que el mayor porcentaje del consumo de Na₂S está relacionado con la producción de Cu y/o Mo en la minería del sur y se tomarán los resultados de la Ec. 3.10 como los mas adecuados por tener mejor aproximación.

Regresión Histórica

Para este caso se efectúa una regresión lineal entre los datos de importación Vs. el Tiempo, obteniéndose las ecuaciones:

PERU

$$Y = 80.336X + 4141.527 \dots\dots\dots (\text{Ec.3.14})$$

$$\text{Corr} = 0.894$$

GRAN

$$Y = 440.313X + 743.93 \dots\dots\dots (\text{Ec.3.15})$$

$$\text{Corr} = 0.959$$

La evaluación de la proyección correspondiente se aprecia en el Cuadro N° 3.23 y Gráfico N° 3.4.

CUADRO N° 3.23

PROYECCION DE LA IMPORTACION (INPY)
(TM/AÑO)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
Perú	5,186	5,266	5,347	5,427	5,507	5,588	5,668	5,748	5,829	5,909
GRAN	6,908	7,349	7,789	8,229	8,670	9,110	9,550	9,991	10,431	10,871

FUENTE : Ec. 3.14 y Ec. 3.15

Comparando los resultados obtenidos entre ambos métodos se observa que los valores difieren ligeramente, pero en conjunto muestran un monto de importación proyectado superior a 5,200 TM/AÑO de Na2S, correspondiendo alrededor de 4,200 TM/AÑO para el consumo en el sector minero.

Para asignar una proyección aceptable se tomarán los que arrojen el menor valor, en el caso de la proyección de importación se toma a la correlación como el mas moderado entre ambos métodos.

3.4.4. DEMANDA INSATISFECHA

Este rubro cubre la posibilidad de que el mercado amplie su consumo, fuera del estudio hasta ahora realizado, fenómeno que se producirá si se pone a su disposición un compuesto en mayor abundancia y menor precio que el importado, de acuerdo a ello en el Cuadro N° 3.24 se aprecia el porcentaje de capacidad instalada en uso de los sectores involucrados con el consumo de Na_2S .

Un aumento de dicha capacidad, incrementaría el consumo de Na_2S proporcionalmente, este valor podría crecer a lo largo de los años con la misma tasa de crecimiento equivalente al 1% correspondiente al sector textil, de curtiembre y de productos químicos, elaborando el cuadro N° 3.25 empleando la Ec. 3.5, tomando como año base a 1989 y un valor inicial de 224 TM/ANO.

CUADRO N° 3.24

EVALUACION DEMANDA INSATISFECHA
(TM/AÑO)

SECTOR FABRIL	INDICE DE CRECIMIENTO ANUAL	% CAPACIDAD. INSTALADA EMPLEADA	CONSUMO PROMED. DE Na2S TM/AÑO	INCREMENTO DE CAPACIDAD. INSTAL. 20%	CONSUMO PROM. INCREMENTADO TM/AÑO	INCREMENTO CONSUMO Na2S TM/AÑO
Textil	109.23	68	254	81	305	51
Cuero	96.81	48	533	51	640	107
Química (Indust.)	111.74	52	332	62	398	66
TOTAL					1,343	224

FUENTE : MICTI, Elaboración Propia.
Pro edio Años 85 - 90

CUADRO N° 3.25

PROYECCION DEMANDA INSATISFECHA
DINY (TM/AÑO)

AÑO	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
TOTAL	229	231	233	235	238	240	243	245	247	250

FUENTE : Cuadro N° 3.24
AÑO BASE = 1,990, Po = 224, i = 1%

3.4.5. PROYECCION DE LA DEMANDA

En base a las proyecciones de la producción e importación determinados anteriormente, se presenta la proyección de la demanda tanto nacional como del proyecto en sí, pudiendo definir los siguientes términos:

a. Demanda Nacional Proyectada :

$$Dnpy = Pnpy + Inpy.$$

b. Demanda Real del Proyecto: $Drpy = Inpy$

c. Demanda Posible del Proyecto :

$$Dpspy = Drpy + Diny$$

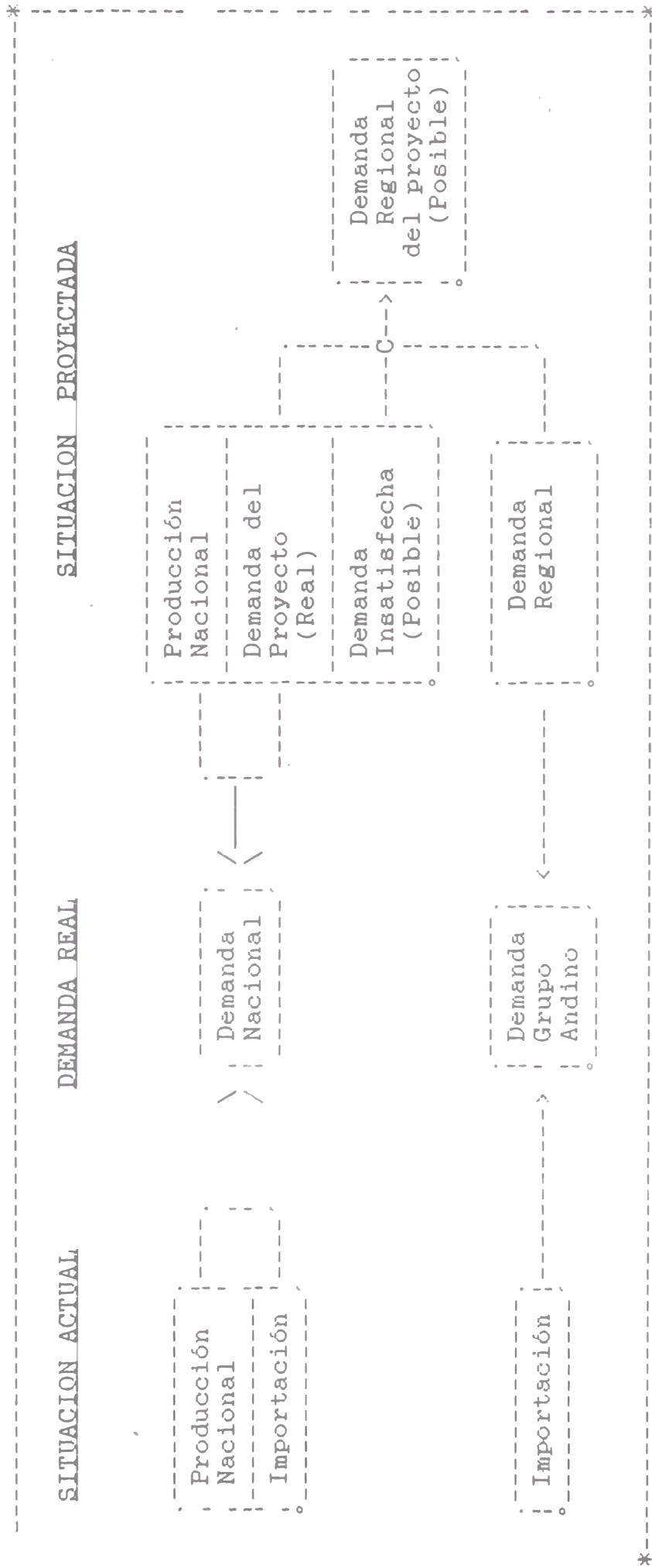
d. Demanda Regional del Proyecto :

$$Drgpy = Dpspy + Drgy$$

El alcance del proyecto se visualiza mejor en el Gráfico N° 3.5 y en el Cuadro N° 3.26 y Gráfico N° 3.6. La proyección de la Demanda.

GRAFICO N° 3.5

ESTRUCTURA DEL PROYECTO



CUADRO N° 3.26

PROYECCION DE LA DEMANDA NazS
(TM/AÑO)

AÑO	INPy	PNPy	DNPY	DRPy	DPSPY	DRGPy
1991	5,186	441.0	5,627	5,186	5,409	12,317
1992	5,266	441.9	5,707	5,270	5,501	12,850
1993	5,347	442.5	5,789	5,350	5,583	13,372
1994	5,427	443.4	5,870	5,430	5,665	13,894
1995	5,507	444.3	5,950	5,510	5,748	14,418
1996	5,588	445.0	6,033	5,590	5,830	14,940
1997	5,668	446.0	6,114	5,670	5,910	15,460
1998	5,748	447.2	6,195	5,750	5,995	15,986
1999	5,829	448.0	6,277	5,830	6,077	16,508
2000	5,909	450.0	6,359	5,910	6,160	17,031

FUENTE : Cuadros Nos 3.10, 3.23 y 3.25

De estos resultados se aprecia que existe una demanda sensible de 5,500 TM/AÑO, pudiendo este proyecto copar el mercado o parte de él, siendo posible que pueda exportarse el NazS al sector andino.

3.5. EVOLUCION DE PRECIOS.

A continuación se presentan los datos históricos de la evolución del precio del NazS, tanto a nivel internacional como del producido en el Perú y Colombia, para luego efectuar las proyecciones respectivas. En todos los casos se empleará como moneda el dólar norteamericano (US\$) para tener una base sólida de comparación.

3.5.1. PRECIOS INTERNACIONALES.

En el Cuadro N° 3.27 se muestran los precios del Na2S grado Técnico importado en el país, entre los años 80-89 visualizados mejor en el gráfico N° 3.7; en el cuadro N° 3.28 se presentan los principales países proveedores y los cargos de flete y seguro.

De manera similar en el Cuadro N° 3.29 se ofrecen los precios en el Grupo Andino para el Na2S importado.

CUADRO N° 3.27

PRECIOS DEL Na2S IMPORTADO (Histórico)
PERU US\$/TM

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
FOB	384	338	353	469	315	317	340	298	405	424
CIF	586	526	536	686	450	442	472	442	534	559
P.Costo (**)	990	881	911	1,153	770	750	810	750	910	950
Indice (&)	16.01	-11.98	4.44	32.86	-32.83	0.634	7.26	-12.35	36.82	4.7
P.Venta (***)	1,500	1,300	1,400	1,500	1,100	1,200	1,350	1,450	1,600	1,800

(*) En el año 84 el precio cae a nivel internacional.

(**) Afectado por los aranceles, derechos y demás impuestos.

(***) Precio de venta al público, sujeto a variaciones por los impuestos, no incluye el I.G.V. (14%).

FUENTE : ICE, Elaboración propia.

CUADRO N° 3.28

PRECIOS DE PAISES PROVEEDORES (*)
US\$/TM

	COSTO FOB	COSTO CIF	% FLETE	% SE- GURO
Alemania Occid.	0.45	0.68	49.2	3.2
EE.UU.	0.43	0.62	42.1	2.5
Brasil	0.46	0.67	42.5	3.0
Países Bajos	0.41	0.58	36.6	5.5
Argentina	0.48	0.68	34.8	3.0

(*) Promedio entre los años 88 - 90

FUENTE : ICE, Elaboración Propia.

CUADRO N° 3.29

PRECIOS CIF DEL Na₂S-GRUPO ANDINO
(Histórico) US\$/TM (Importado)

	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
Bolivia	562	652	687	754	ND	470	ND	670	670	720
Colombia	517	579	586	571	480	462	496	521	521	562
Ecuador	501	501	571	535	501	442	455	502	502	512
Venezuela	436	462	476	371	304	ND	407	428	428	462

ND = No Disponible

FUENTE : ICE, Elaboración propia.

3.5.2. PROYECCION DE PRECIOS

Aplicando los métodos empleados anteriormente se tuvo el esquema de pronóstico de los precios:

a. Tasa de Crecimiento.

Para el caso del Na₂S, producido en el

Perú y Colombia se empleo los índices de crecimiento (i) calculados mediante la Ec. 3.15:

$$i = (P_f/P_o)^{1/n} - 1 \dots\dots Ec. 3.15$$

Para ello se tomaron los datos del Cuadro N° 3.7 (precios). Con estos valores se elaboró el cuadro N° 3.30 tomando como año base a 1989.

CUADRO N° 3.30

PRECIO, PRODUCTO Na₂S FABRICADO
EN CADA PAIS A NIVEL GRAN PROYECTADO
US\$/TM (Tasa Constante)

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
Perú	998	1,044	1,091	1,140	1,192	1,245	1,301	1,360	1,421	1,485
Colombia	1,073	1,143	1,217	1,296	1,380	1,470	1,566	1,667	1,776	1,891

FUENTE : Cuadro N° 3.7, Índices % : Perú = 4.8, Colombia = 6.5.

En el caso del Na₂S importado al país se efectuó el cálculo en base a los cuadros N°s 3.27 y 3.29, Los resultados globales se aprecian en el cuadro N° 3.31.

Finalmente se determinó el Precio de venta proyectado del Na₂S importado al país, (Cuadro N° 3.32.)

CUADRO N° 3.31

PROYECCION DEL PRECIO Na₂S IMPORTADO
(Indices) CIF US\$/TM

	%i	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
Bolivia	3	764	787	810	835	860	886	912	939	968	997
Colombia	1	573	579	585	591	597	603	609	615	621	627
Ecuador	2	533	543	554	565	577	588	600	612	624	637
Perú	4	642	667	694	722	751	781	812	845	878	914
Venezuela	3	490	505	520	536	552	568	585	603	621	640

FUENTE : Cuadros N°s 3.27 y 3.29; AÑO BASE = 1989

CUADRO N° 3.32

PROYECCION DEL PRECIO DE VENTA DEL
Na₂S IMPORTADO (Indices) CIF US\$/TM

91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
1,605	1,668	1,735	1,805	1,878	1,952	2,030	2,113	2,195	2,285

(*) Tomado como 2.5 veces del costo CIF del cuadro N° 3.31, Perú.
FUENTE : Cuadro N° 3.31.

b. Regresión Simple:

En base a los datos históricos se obtuvo las siguientes ecuaciones para el precio del Na₂S importado al Perú.

Precio FOB vs Tiempo:

$$Y = 8.744X + 279.268 \quad \dots \quad \text{Ec. 3.16}$$

$$\text{Cor} = 0.794 \quad (\text{Se acepta})$$

Precio CIF Vs Tiempo:

$$Y = 12.2416X + 390.9752 \dots \text{Ec. } 3.17$$

$$\text{Cor} = 0.819 \text{ (Se acepta)}$$

Precio Venta Vs Tiempo:

$$Y = 65.353X + 763.92 \dots \text{Ec. } 3.18$$

$$\text{Cor} = 0.821 \text{ (Se acepta)}$$

La tabulación de la proyección se aprecia en el Cuadro No 3.33 y Gráfico N° 3.7, para el resto del Grupo Andino sólo se tomó los índices de crecimiento como factor de comparación, Cuadro No 3.31

CUADRO N° 3.33

PROYECCION DEL PRECIO Na2S (PERU)
IMPORTADO (Por Correlación) US\$/TM

	91	92	93	94	95	96	97	98	99	2,000
Costo FOB	428	437	445	454	463	472	480	489	498	507
Costo CIF	600	612	624	636	648	661	672	885	697	710
Precio de Venta	1,548	1,614	1,678	1,744	1,810	1,875	1,940	2,006	2,071	2,136

FUENTE : Correlaciones: Ec. 3.16, Ec. 3.17 y Ec. 3.18.

Todos estos resultados tienen por finalidad mostrar un factor referencial, respecto al precio y poder comprobar que el proyecto tenga posibilidades de competir en el mercado.

CAPITULO IV

TAMAÑO Y LOCALIZACION DE PLANTA

4.1. TAMAÑO DE LA PLANTA

Los factores principales a considerar son: mercado, tipo de proceso, materia prima capacidad empresarial y capacidad financiera.

Debido a que existen diversos procesos productores, se analizará su conveniencia para disponer de un tamaño de planta de 5,000 TM/año como mínimo

A continuación se exponen los resultados del análisis de cada uno de los factores mencionados.

4.1.1. TAMAÑO - MERCADO

Como ya se expuso en el capítulo de Estudio de Mercado, existe una demanda anual nacional de Na₂S que supera a los 4,500 Tm correspondiendo aproximadamente a 3,500 TM al consumo minero, siendo el monto total de importaciones cercano las 4,000 TM/Año.

A su vez se ha estimado un requerimiento mayor a las 6,000 TM tan sólo en el producto importado. En vista a ello se ha planeado fijar el tamaño del proyecto en un máximo de 5,000 TM/año de producción de Na_2S .

Este criterio se ha tomado sin considerar el importante mercado que representa el Grupo Andino, al tener una demanda proyectada superior a las 7,000 TM/año.

En el caso de la oferta nacional, no existen en la actualidad referencias de instalación de nuevas plantas de Na_2S ni de ampliación de la capacidad instalada presente.

Por ello, se podrá fijar el tamaño de planta en 5,000 TM/año de producción de Na_2S .

4.1.2. TAMAÑO - TECNOLOGIA

La importancia de este factor comprende la posibilidad de contar con la tecnología que permita cubrir los requerimientos de producción esperados. En el cuadro N° 4.1. Se mencionan los principales procesos de fabricación del Na_2S en el mundo.

CUADRO N° 4.1
TECNOLOGIAS EXISTENTES

PROCESO	REACCION	PAIS QUE LO EMPLEA	DISPONIBILIDAD DE TECNOLOGIA	CAPACIDAD INSTALADA TM/AÑO
1. Na ₂ SO ₄ + C	Reducción	- USA (Incro) - Colombia - URSS - Alemania - Brasil - Francia - Pais. Bajos - Chile	L. N.L.	1,000 - 20,000
2. Na ₂ SO ₄ + H ₂	Reducción	- Alemania - Pais. Bajos - USA	L.R. .R.	4,000 - 8,000
3. Na ₂ S ₂ + Na	Electrólisis	- Italia	L.D. N.R.	NN
4. NaOH+H ₂ S	Oxidación	- USA (mobil) - Israel (SBTT)	L.D. N.D.	3,000 - 10,000
5. NaOH + S	Reducción	- USA	L.D. N.R.	NN
6. BaSO ₄ + 4C + Na ₂ CO ₃	Reducción	- USA - Italia - URSS - Brasil - India	L. N.D.	3,000 5,000 10,000 20,000

Patente	Know-How	Clasificación
L.	N.L.	A Libre
L.D.	N.D.	B Bajo Licencia
L.R.	N.R.	C Restringido
L.N.	N.N.	D No Disponible

FUENTE : ITINTEC
Elaboración Propia

Como se observa, la mayor parte de tecnologías mencionadas son capaces de proporcionar procesos de producción del orden de 5,000 TM/año o más.

4.1.3. TAMAÑO - MATERIAS PRIMAS

Este factor tiene importancia decisiva, debido a que uno de los objetivos del proyecto es aplicar uno de los procesos mencionados anteriormente, de tal manera que empleen materiales de origen nacional, pudiendo disponerse de éstas con facilidad, en cantidades suficientes y con la calidad adecuada al proceso.

De acuerdo a lo expuesto podemos presentar los resultados del estudio realizado para cada proceso.

a. Na_2SO_4 y Carbón

El Perú cuenta con fuentes naturales de ambos materiales en cantidades apreciables.

Respecto al Carbón, existen diversos yacimientos en todo el Perú, mencionándose los más importantes en el Cuadro N° 4.2.

CUADRO N° 4.2.

RECURSOS DE CARBON

YACIMIENTO	UBICACION	% HUMEDAD	% VOLAT.	% CARBON FIJO	% CENIZAS	% S	% S	PODER CALORIFICO Kcal/Kg.	TIPO	RESERVAS TOTALES PROBADAS EXPLOTADAS TH
Tres Amigos	Alto Chicama	3.34	2.15	85-90	3.38	0.91		7,362	Antracita	19'000,000
La Victoria	La Libertad	3.63	1.65	85-90	6.07	0.86		7,549	Antracita	Total : 25'000,000
Rango Promed.		5-8	2.5-8	85-90	4-12	0.5-2		7,300-7,500	Antracita	SIDERPERU
Santa Rosa	Santa	3-6	3-6	80-95	5-12	0.5-1		7,300-7,500	Antracita	14,000,000
Pallasca	Ancash									SIDERPERU
Oyon	Cajatambo	4-6	16-22	65-75	6-12	0.4-0.9		7,000-7,300	Semi. Bitum.	42'000,000
Pampahuay	Lima	5-6	5-10	75-85	7-12	0.5-1.0		7,100-7,500	Antracita	26'000,000
Gasuna	3,200 m.s.n.m.	5-6	6-10	70-80	5-10	0.3-0.5		6,500-7,100	Semi. Antrac.	SIDERPERU
Goyllar	Daniel A. Carrión									Bituminoso
	Cerro de Pasco	6-8	5-20	40-46	27-42	2.9-3.3		6,100-7,000	Sub-Bitum.	1'400,000
	160 Km de Oroya		4	58	42	2.0			Coque	CENTROMIN
Jatunhuasi	Mito-Concepción									
	Junín	0.3-1.5	25	40-55	9-16	0.6-2		6,790-7,200	Bituminoso	700,000
	45 Km Huancayo									
	Coquificado		1.4	60	39	1.5			Coque	CENTROMIN
										No explotado
Carumas	Mariscal Nieto									
	Moquegua	3.5	10-15	65-70	10-15			6,100-7,100	Bituminoso	3'000,000
										(SOUTHERN)

FUENTE : PROCARBON ; INGENHET ; Elaboración Propia.

La explotación del carbón se aprecia en el cuadro N° 4.3 y 4.4 la producción nacional en el Cuadro N° 4.5 y los precios actuales en el Cuadro N° 4.6.

CUADRO N° 4.3

EXPLOTACION DEL CARBON

LUGAR	NUMERO EMPRESAS	PRINCIPAL PRODUCTOR
La Libertad	6	Siderperú
Ancash	8	Siderperú, Agregados
Pasco	10	Calcareos
Lima	13	Agregados Calcareos
Moquegua	1	Southern

CUADRO N° 4.4

PRODUCCION DEPARTAMENTAL (TM/AÑO)

	1981	1983	1985	1987
La Libertad	69,270	72,500	48,310	28,000
Ancash	16,860	14,000	25,000	59,300
Pasco	29,500	45,000	55,000	66,000
Lima	18,020	19,000	15,000	12,000
TOTAL	133,650	150,500	143,310	165,300

FUENTE : INGEMMET, PROCARBON

CUADRO N° 4.5
PRODUCCION DE CARBON
Miles TM/Año

AÑO	CARBON	COQUE
1980	145	-
1981	133.6	11
1982	144	28
1983	150.5	78
1984	135	42
1985	143	51
1986	155	58
1987	165	45
1988	130	48

FUENTE : PROCARBON

CUADRO N° 4.6
COSTOS DEL CARBON

	Nacional (*)	Importado
Antracita	40	80
Bituminoso	50	70
Coque	30	60

(*) Precio sin incluir flete.

Por lo expuesto, se puede afirmar que existe la suficiente cantidad de carbón en el país para llevar adelante una producción de Na₂S por este método.

En el caso del Sulfato de Na, existen diversas formas de obtenerlo, la más sencilla es la cristalización del mismo a

partir de fuentes naturales, como lo es de la Thenardita (Na_2SO_4 Anhidra), como se observa en el Anexo N° IV.

El Perú cuenta con yacimientos de Thenardita ubicados en el Sur del País (Ver Anexo N° I), de los cuales se puede extraer el Na_2SO_4 .

Dicho yacimiento tiene una cantidad de material utilizable del orden de 2 a 3 millones de TM de Mineral con 56% de sulfato el cual sería fácilmente explotable.

Esta ley es apreciablemente buena, considerando que otros países obtienen sulfato de yacimientos similares con leyes menores (Ver Cuadro N° 4.7).

CUADRO N° 4.7

Na₂SO₄ YACIMIENTOS EN EL MUNDO

PAIS	NOMBRE	TM	PRODUCCION
Canada	Alberta	3'	250,000
	Saschatcheman	2'	250,000
EE.UU.	Searles Lake Chem. Corp.	10'	250,000
	Sedar Lake Texas	2'	10% Sulfato 14% NaCl
	Brown Fiel Lake	1	15% Sulfato 10% NaCl
	Rich Lake	1'	145,000
	North Dakota	23' 1'	Mirabilita Thenardita
Chile	Atacama Desert		13,500
	Cía. Minera Canchanes		82% Sulfato
México	Lagos Salados		22% Sulfato
FUENTE	American Institute of Mining (1975).		

La purificación del sulfato es relativamente sencilla y no involucraria un costo elevado (Ver Cuadro N° 6.8)

Por lo expuesto, se concluye que el Perú cuenta con los recursos adecuados para realizar este proceso, pudiendo establecerse un tamaño de planta de 5,000 TM/año sin limitaciones de la materia prima requerida para el mismo.

b. Na₂SO₄ con H₂

Como ya se evaluó la disponibilidad del sulfato, el factor limitante viene a ser el H₂, la industria nacional produce H₂ como parte de diversos procesos, pero que hasta la actualidad no alcanza cantidades suficientes, las características principales de este material se aprecian en el Cuadro N° 4.8. Por ello, este proceso queda en desventaja con el anterior, pero no se descarta totalmente hasta evaluar otros factores, como se mostrará mas adelante.

CUADRO N° 4.8
FUENTES DE H₂ EN EL PERU

FUENTE	CANTIDAD ESTIMADA m ³ /Día
Fertisa	N.N.
Petroperú	N.N.

c. Na₂S₂ con Amalgama de Sodio

Este proceso data de los años 60, patentado en Italia por Pietro Achille (Milán). El país produce muy pocas cantidades de polisulfuros, tal que no

registra producción sensible, lo cual de hecho descalifica a este proceso para incluirlo en análisis posteriores.

d. NaOH Con Acido Sulfhídrico

Para este método se cuenta con una producción de NaOH adecuada al proceso y en cantidades apreciables (Ver Cuadro N° 4.9), pudiendo incluso exportar un excedente.

CUADRO N° 4.9

PRODUCCION DE NaOH EN EL PERU
(TM/AÑO)

FUENTE	PRODUC. PROM.	EXPORT. PROM.
Química del Pacífico S.A.	22,000	5,000
Sociedad Paramonga Ltda	47,000	13,000

FUENTE : MICTI

El problema radica en la disponibilidad de contar con H₂S en cantidades apreciables.

En el cuadro N° 4.10 se muestran las posibles fuentes del H₂S, obtenido a partir de la concentración de minerales.

CUADRO N° 4.10

FUENTES DE H₂S EN EL PAÍS
PLANTAS CONCENTRADORAS

LUGAR	CAPACIDAD INSTALADA TM/Día	PROMEDIO
AREQUIPA		
Ocoña, Lambayeque	280	220
Buenaventura	300	245
Arcata	450	440
Caylloma	380	76
Madrigal	750	712
Cobre de Chapi	800	582
TOTAL	2,960	2,275
MOQUEGUA		
Toquepala	38,415	38,307
Cuajone	44,103	44,103
Locumba	12,600	4,930
TOTAL	95,118	87,340

FUENTE : INGEMMET

e. NaOH con Azufre

El Perú cuenta con diversas fuentes de obtención de azufre natural, pudiendo detallarse los principales en el Cuadro N° 4.11, actualmente, existe una deficiencia de azufre, el cual es cubierto por la importación (Ver Cuadro N° 4.12.).

CUADRO N° 4.11

YACIMIENTOS DE AZUFRE

UBICACION	SITUACION
Castro-Virreyna (San Martín)	Explotado
Sanchez-Cerro (Moquegua)	No explotado
Namora (Cajamarca)	No explotado
Combayo (80 Km. de Cajamarca)	No explotado
Reventazón (43 Km. Bayóvar)	No explotado
Canta (Lima)	No explotado
AREQUIPA:	
Chala	No explotado
Coropuna	No explotado
Faldas del Chachani	Explotado
MOQUEGUA:	
Ubinas	No explotado
Chocopaca	No explotado
Ticsane	Explotado
Tutupaca	No explotado
TACNA:	
Yucamani	No explotado
Cano	Explotado
Paucarani	No explotado

FUENTE: INGEMET

CUADRO N° 4.12

IMPORTACION DE AZUFRE

AÑO	US\$/TM	IMPORTACION TM/AÑO
82	250	4,332
83	109	7,948
84	200	6,299
85	250	12,614
86	310	12,182
87	320	8,142
88	250	6,211
89	180	5,120

PRECIO UNITARIO: NACIONAL = 60 US\$/TM
 IMPORTADO = 55 US\$/TM-CIF

FUENTE: INGEMMET

A pesar de ello, este proceso se presenta como factible desde el punto de vista de materia prima, pudiendo aplicarse de tal forma que cubra las necesidades de una posible planta de 5,000 TM/anuales.

f. Baritina de Carbón y Carbonato de Sodio.

Este proceso involucra 3 materiales, como ya se vió el carbón se encuentra en cantidades apreciables. En cuanto a la baritina ($BaSO_4$) en el Cuadro N° 4.13 se ofrece un resumen de la evaluación de su disponibilidad en el país observándose en el Cuadro N° 4.14 algunos detalles anexos.

CUADRO N° 4.13

ZONAS DE PRODUCCION DE BARITINA (1982)
(MILES TM/AÑO)

UBICACION	NUMERO DE YACIMIENTOS	CANTIDAD MILES TM/AÑO
HUAROCHIRI	11	262.0
CANETE (LIMA)	3	70.0
LIMA	1	24.0
HUARAL	1	24.0
PACHITEA (Huanuco)	3	1.8
TARMA (Junin)	4	4.0
TOTAL	23	385.8

FUENTE: INGEMET

CUADRO N° 4.14

PRODUCCION DE BARITINA
MILES TM/AÑO

AÑO	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88
CANTIDAD	444	414	409	375	111	46	22	120	380	420

FUENTE: INGENERT

El Na_2CO_3 es producido en el Perú en ciertas cantidades por Química del Pacífico S.A., siendo la mayor parte de su consumo de origen importado, las características se ven en el Cuadro N° 4.15.

CUADRO N° 4.15

CONSUMO DE Na_2CO_3

AÑOS	IMPORTADO TM/AÑO	NACIONAL TM/AÑO
86	17,900	950
87	19,100	1,100
88	8,100	850
89	8,200	520

FUENTE: MICTI

Por lo expuesto, este proceso podría contar con la cantidad suficiente de materia prima para obtener la capacidad de 5,000 TM/Año.

4.1.4. TAMAÑO - CAPACIDAD EMPRESARIAL

Este factor será muy limitante si no se pudiera contar fácilmente con personal capaz de administrar una empresa de este tipo, por el contrario existen escuelas de capacitaci[on profesional de reconocido prestigio, tales como ESAN, IPAE, etc.

Por ello es posible contar con la capacidad empresarial para organizar, poner en funcionamiento y administrar una planta de 5,000 TM de Na_2S al año, o de capacidades mayores o menores a esta.

4.1.5. TAMAÑO - FINANCIAMIENTO

La finalidad del presente acápite es denotar que se puede contar a priori con el financiamiento suficiente para poner en operación un proyecto de esta envergadura. No es conveniente supeditar el tamaño del proyecto a la facilidad de obtener el financiamiento, esto es posible cuando el monto de las inversiones no es muy excesivo y el proyecto sea rentable.

Esto involucra disponer de una evaluación de costos previa antes de terminar el estudio

técnico del cual estos resultados se obtendrían, afortunadamente la existencia de procesos similares en el mundo y la posibilidad de obtener estimados de la inversión simplifican este estudio.

En el Cuadro N° 4.16 se vislumbran estos datos para algunas plantas existentes, donde el monto de la inversión es moderado.

CUADRO N° 4.16
CARACTERISTICAS DE INVERSION

Tamaño	Inversión US\$*	Porcentaje Financiamiento	Rentabilidad Benef./Costo	País
3,000	900,000	40	1.059	USA
5,000	1,200,000	60	1.26	USA
10,000	1,500,000	65	1.48	Alemania

* Año Base 1980

FUENTE: COFIDE

Tomando este dato podemos efectuar una comparación entre los créditos que ofrece la Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE) (Cuadro N° 4.17) al facilitar el nexo con algún organismo internacional.

CUADRO N° 4.17
 CARACTERISTICAS DE FINANCIAMIENTO A TRAVES
 DE COFIDE

FINALIDAD	MONTO MAXIMO M. US\$	ORGANISMO	PORCENTAJE INTERESES	PORCENTAJE DE MONTO TOTAL	PERIODOS DE GRACIA AÑOS	NUMERO AÑOS DE PAGO
Capital Fijo	2 - 3	Corp. Andina de Fomento	11.5 13.0	60 40	1 - 2 2	10 5
Capital Fijo	1.5-2	Proveedores de Maquinaria y Equipo	9.5 12.5	40 30	1 - 2 2	5 7
Capital de Trabajo	1	Corp. Andina de Fomento	10 - 11	70	0.5 - 1	3

FUENTE : COFIDE

Existe además las fuentes internas, como lo son las empresas estatales (Minero Perú S.A., FERTISA S.A., etc), o privadas (Southern, Cia. Minera Buenaventura, etc.) las cuales podrían proporcionar el financiamiento adecuado.

Por todo lo expuesto en estos cinco factores, puede definirse para efectos del diseño de planta una capacidad de 5,000 TM/año de producción de Na2S grado técnico.

4.2. LOCALIZACION DE PLANTA

El presente estudio se elaboró en base a la ponderación de diversos factores que influyen en la localización, a los cuales se les asignó previamente un porcentaje de importancia adecuado.

4.2.1. Selección Preliminar

Se designó a priori 3 lugares posibles de ubicación: Lima, Arequipa y Tacna; sus principales características se observan en el Cuadro N° 4.18.

CUADRO N° 4.18

CARACTERISTICAS DE PARQUES INDUSTRIALES

PARQUES INDUSTRIALES	REGLAMENTADO POR		
Cono Sur (Lima)	R.S. 115-77/UC-4400 (13.05.77)		
Río Seco (Arequipa)	D.S. 001-74-VI (08.01.74) 3 Km. de la Ciudad		
Parque Indus. (Tacna)	R.S. 131-H (22.02.66), Ley 15932 (10.01.66)		
	LIMA CONO SUR	AREQUIPA RIO SECO	TACNA PARQUE IND.
Area m ²	3'820	553,600	1'378
N° Manzanas	14	4	11
N° Lotee	65	29	197
% Habilitación			
Agua	100	100	100
Desague	100	100	100
Luz	100	100	100
Vías	100	100	100
Alta Tensión	100	100	100
Teléfonos	100	100	100

FUENTE : MICTI

En base a esta selección se procederá a definir los principales factores que influyan en la localización del proyecto.

4.2.2. FACTORES LOCACIONALES

Estos son los indicadores determinantes de la localización del proyecto, pero todos no tienen el mismo peso en la determinación de la misma, para ello definimos las principales características que deben tener y su importancia, (Cuadro N° 4.19).

CUADRO N° 4.19
FACTORES LOCACIONALES

FACTOR	CARACTERISTICAS	IMPOR- TANCIA
Materia Prima	Disponible, abundante y barata	A
Mercado	Cercano, buen precio y demanda	A
Luz	Disponible, constante y barata.	A
Agua	Disponible, constante buen precio y calidad.	A
Terreno	Estable.	C
Clima	Seco, Benigno.	C
Mano de Obra	Barata y segura.	B
Transporte	Disponible.	B
Impuestos	Bajos.	B
Descentralización	Incentivos	A

RANGO : A = ALTA ; B = MEDIA ; C = BAJA

CUADRO N° 4.20
PONDERACION DE LOS FACTORES DE
LOCALIZACION

									% Máx. al 100%
1. Materia Prima									13
2. Mercado	2	3							18
3. Luz	2	2	1						15
4. Agua-Desague	4	3	2	1					13
5. Terreno	=	3	2	2	=	-			5
6. Clima	5	4	3	3	2	1			2
7. Mano de Obra	7	=	8	3	2	3			7
8. Transporte	=	=	9	4					8
9. Impuestos	-	-	10						7
10. Política de Descentraliz.	10								12
TOTAL DE PUNTAJE									100

PUNTAJE

Factor = 2 ptos.

Igual = 1 Pto. cada factor

FUENTE : Elaboración Propia.

4.2.3. COMPARACION DE FACTORES

De acuerdo a cada lugar de ubicación se evaluará la ventaja que ofrezca respecto a cada factor mencionado.

a. Materia Prima

El resumen de ello se aprecia en el Cuadro N° 4.21.

CUADRO N° 4.21

EVALUACION DE LA MATERIA PRIMA VS LUGAR DE UBICACION

MATERIA PRIMA PROCESO	FUENTE	POTENCIAL	EMPRESA PRODUCTORA	UBICACION	PUNTAJE		
					LIMA	AREQUIPA	TACNA
Na ₂ SO ₄	Yacimientos	500,000 TM (A)	-.-	Arequipa	8	12	-.-
	R. Químicas	500 TM/año	Química Leucos	Lima			
Carbón	Yacimientos	Cuadro N°4.4 (A)	Cuadro N°4.3	Cuadro 4.2			
Na ₂ SO ₄	Yacimientos	500,000 TM (A)	-.-	Arequipa	2	8	-.-
	R. Químicas	500 TM/año	Química Leucos	Lima			
H ₂	Reducción de Petroleo	-.- (C)	Petro-Perú Fertiza	Lima Ventanilla			
NaOH	Electrólisis NaCl	12,000 TM/Año (B)	Quím. del Pacífico	Lima			
			Sociedad Paramonga	Ventanilla			
H ₂ S	Residuo de Concentrado	- - (C)	Compañías Mineras Centromin	Arequipa La Oroya Huancavelica 4			- -
NaOH	Electrólisis NaCl	12,000 TM/año (B)	Sociedad Paramonga	Ventanilla			
S	Yacimientos Importación	500 TM/año (C) 8,000 TM/año (C)	Artesanal Partic. Importadoras	Arequipa Callao	4	8	4
BaSO ₄	Yacimientos	390,000 TM/año (A)	Agreg. Calcareos	Lima, Junín 10	-.-	-.-	
Carbón	Yacimientos	Cuadro N°4.4 (A)	Cuadro N°4.3	Cuadro 4.2			
Na ₂ CO ₃	R. Químicas	800 TM/año (C)	Quím. del Pacífico	Lima			
		8,000 TM/año (C)	Importadoras	Callao			
PORCENTAJE TOTAL					20	80	-.-
PUNTAJE TOTAL					3	10	- -

A : ALTA = 25 ; B : MEDIA = 15 ; C : BAJA = 5 ; D : NULA = 0

FUENTE : Investigación Propia, ITINTEC, INGENMET, M.E. MINAS, OMBRN.

b. Mercado

En esta parte definimos la ponderación basada en el consumo del Na2S, que se obtuvo en el estudio de mercado respectivo, detallándose esto en el Cuadro N° 4.22.

CUADRO N° 4.22

PONDERACION DEL MERCADO

LUGAR	PORCENTAJE MERCADO	PONDERACION LUGAR DE UBICACION
Lima	10	
Arequipa	17	14
Tacna	15	13
Moquegua	58	- -

FUENTE : Cuadro N° 3.12, MICTI

c. Luz.

De manera similar se presentan los recursos eléctricos, dando mayor puntaje al que ofrezca mayores ventajas (Cuadro N° 4.23) en éste, se aprecian una similitud de características, pero dando una ventaja a la región de Tacna y Arequipa.

CUADRO N° 4.23
SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

LUGAR	FUENTE	POTENCIA INSTAL.	TARIFA INDUST.	PONDE- RACION
Lima	Huinco	240 nw		
	Matucana	80 nw	0.075	
	Mantaro		0.036	14
	Electro- Perú	516 nw		
Are- quipa	Charcani			
	IV y V	100 nw	0.060	
	Majes	31.1 nw	0.032	14
	Cerro Verde			
Tacna	Aricota	23.5 nw	0.065	
	Ilo	11.8 nw	0.034	12

FUENTE : ELECTROPERU
ELECTROLIMA
Elaboración Propia

d. Agua y Desague.

De igual manera se presenta la evaluación de este factor que detallamos en el Cuadro N° 4.24.

CUADRO N° 4.24

SUMINISTRO DE AGUA

LOGAR	FUENTE	CARACTERÍSTICAS	SERVICIO 3/mes	TARIFA US\$/M3 EXCESO	PONDERACION
Lima	La Atarjea Rio Rimac Pozos Artes 150 a profu.	Insuficiente Racionamiento	100	0.335	8
Are- quipa	La Tomilla SA Rio Chili La Bedoya Manat Pozos 50-100 m	Suficiente Adecuado	10 200	0.1387 0.2770 0.2480 0.4960	10
Tacna	La Yarada Sobraya Pozos 100 m	Insuficiente Deficiente	100	0.156 0.313	8

FUENTE : SEDAPAL
Elaboración Propia.

e. Terreno

El resultado se muestra el Cuadro N°
4.25.

CUADRO N° 4.25

DISPONIBILIDAD DE TERRENO

LUGAR	COSTO US\$/M2	PONDERACION
Lima	14	2
Arequipa	10	3
Tacna	8	4

FUENTE : M.E.F.
Elaboración Propia.

Este costo representa sólo el valor del terreno, no incluye los impuestos respectivos y demás cargos.

f. Clima.

Los resultados se aprecian en el Cuadro N° 4.26.

CUADRO N° 4.26
CARACTERISTICAS CLIMATICAS

LOGAR	T máx. -°C	T mín. - °C	mm PRECIP.	% HUMEDAD RELATIVA	PONDE- RACION
Lima	29.5	12.5	20 - 30	90 - 100	1
Arequipa	23.5 Dic/Mar 13.5 Prom	3.7 Jun/Jul	59 - 65	65 - 70	2
Tacna	28 Feb. 19.4	8°C Jul. 11.9	20 - 70 125-250	70 - 75	2

FUENTE : SENAMHI

g. Mano de Obra.

Se presenta en el Cuadro N° 4.27 el esquema de sueldos promedios en cada zona de estudio.

CUADRO N° 4.27
ESQUEMA DE SUELDOS PROMEDIOS

	US\$/Mes (79)Año	SUELDO 89	% BIENES SOCIALES	PONDE- RACION
Lima	180	80	50	5
Arequipa	170	70	65	6
Tacna	130	120	75	4

FUENTE : M.E.F.

h. Transporte

En el Cuadro N° 4.28 se aprecia las principales vías de comunicación, en el Cuadro N° 4.29, se aprecia el costo de flete de transporte terrestre.

CUADRO N° 4.28
VIAS DE COMUNICACION
LA RED DE TRANSPORTE - TIEMPOS Y DISTANCIAS
REGION SUR

DE AREQUIPA A:	POR CARRETERA		POR FERROCARRIL		
	DISTANCIA (KM)	TIEMPO	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (Hrs)	FRECUENCIA
Lima - Callao	1,025	2 días	-.-	-.-	-.-
Juliaca	251	1 "	304	9	3 (*)
Puno	276	1 "	351	10	3 (*)
La Paz (Bolivia)	508	2 "	620	20	3 (*)
Cuzco	537	2 "	642	20	3 (*)
Tacna	440	6-8 Hr	-.-	-.-	-.-
Arica (Chile)	490	9-12 "	-.-	-.-	-.-
Puertos de Marañón y Mollendo	125	2-3 "	172	3-4	Diario

* Veces por semana

FUENTE : Stanford research Institute y horarios publicados.

CUADRO N° 4.29

FLETES DE TRANSPORTE TERRESTRE

DISTANCIA	COSTO
0-500 Km	2.5 - 3.5 US\$/TM
> 500 Km	0.025 US/TM/Km

RECARGO DEL FLETE BASICO

msnm	FACTOR		
	ASFALTADA	AFIRMADA	SIN AFIRMAR
COSTA			
< 1,000	1	1.58	2.15
SIERRA			
>2,500	1.4	2.60	3.90
SELVA			
1,000-2,000	1.2	2.10	2.90

FUENTE: Ministerio Transp. y Comunicaciones

En el Cuadro N° 4.30 se tabulan los resultados del análisis del costo de transporte respecto a cada proceso y la ponderación total, dando la mayor ventaja a la ciudad de Arequipa y Tacna.

CUADRO N° 4.30

EVALUACION DISTANCIA - TRANSPORTE VS. POSIBLE UBICACION

MATERIA PROCESO	Distancia Mat. Prima Centro Productor (Km)	Distancia Centro Produc. Mercado Principal (Km)	Distancia Total (Km.)	PONTAJE
	LIMA AREQUIPA TACNA	LIMA AREQUIPA TACNA	LIMA AREQUIPA TACNA	LIMA AREQUIPA TACNA
Na ₂ SO ₄	1,025 80 520			
Carbón	230 1,250(*) 1,690	1,375 350 180	2,630 1,680 2,390	1 5 1
Na ₂ SO ₄	1,025 80 520			
H ₂	-- -- --	1,375 350 180	2,400 430 700	1 8 7
NaOH	-- 1,020 1,450			
H ₂ S	-- -- --	1,375 350 180	1,375 1,370 1,630	6 6 5
NaOH	-- 1,020 1,450			
S	1,010 55 145	1,375 350 180	2,385 1,425 1,775	1 6 5
Baritina	125 1,025 1,465			
Carbón	230 1,250 1,690			
Na ₂ CO ₃	-- 1,025 1,450	1,375 350 180	1,730 3,650 4,785	5 -- --
<p>PONDERACIONES :</p> <p>Km 0-500 500-1,000 1,000-1,500 1,500-2,000 2,000-3,000 > 3,000</p> <p>Puntajes 8 7 6 5 1 0</p>				<p>PORCENTAJE : 30 70</p> <p>PONTAJE : 2 6</p>

(*) Sólo si se trae desde Lima y no de Carumas (400 Km).
FUENTE : Elaboración Propia, Cuadro No. 4.28.

i. Impuestos

Este rubro comprende las principales cargas tributarias que a cada región afecta. (Ver Cuadro N° 4.31)

CUADRO 4. 31
TASA DE IMPUESTOS

LUGAR	IMPUESTOS A LA RENTA	PONDE- RACION
Lima	35-40	4
Arequipa	30	5
Tacna	25-30	7

FUENTE : Elaboración Propia

j. Política de Descentralización

En la situación actual de nuestro país, se da una gran importancia a la formación de industrias fuera de la capital. En el Cuadro N° 4.32 se aprecia la ponderación basada en las mayores facilidades que las leyes de descentralización ofrecen.

Estos incentivos se traducen en exoneraciones casi completas o en su totalidad de distintos impuestos, en el

Anexo N° X se detallan estas leyes y beneficios otorgados.

CUADRO N° 4.32

PONDERACION DEL FACTOR
DESCENTRALIZACION

-----		-----
SITUACION		PUNTAJE
-----		-----
Lima	Poco favorecida	5
Arequipa	Favorecida	10
Tacna	Muy favorecida	12
-----		-----

FUENTE : Elaboración Propia.

4.2.4. SELECCION FINAL

Efectuando la suma de puntajes entre las tres regiones posibles de ubicación se concluye que la más adecuada resulta ser la ciudad de Arequipa, seguida de cerca por Tacna y en último lugar a Lima. Por lo tanto, la planta se situará en el Parque Industrial de Rio Seco Tercera Etapa, por hallarse en disponibilidad de empleo en la actualidad. Estos resultados se aprecian en el Cuadro N° 4.33.

CUADRO N° 4.33

PONDERACION TOTAL DE CADA REGION

FACTOR	PONDERACION MAXIMA	LIMA	AREQUIPA	TACNA
1. Materia Prima	13	3	10	0
2. Mercado	18		14	13
3. Luz	15	14	14	12
4. Agua-Desague	13	8	10	8
5. Terreno	5	2	3	4
6. Clima	2	1	2	2
7. Mano de Obra	7	5	6	4
8. Transporte	8	2	6	0
9. Impuestos	7	4	5	7
10. Política de Desarrollo	12	5	10	12
TOTAL	100	46	80	62

FUENTE : Elaboración Propia.

CAPITULO V

INGENIERIA DEL PROYECTO

En este capítulo se desarrolla el estudio para la producción del Na_2S grado técnico que alcance una capacidad de planta de 5,000 TM anuales.

Para efectuar esto se describen los principales procesos productores que pueden emplearse, evaluando sus características y seleccionando el más adecuado.

De acuerdo a este esquema se eligió como proceso a la reducción del sulfato de sodio con carbón.

5.1. EL PRODUCTO

5.1.1. DEFINICION DEL PRODUCTO

El sulfuro de sodio es un compuesto químico inorgánico, en su forma pura se presenta como un polvo blanco, microcristalino, en el siguiente cuadro se detallan sus principales propiedades.

CUADRO N° 5.1

PROPIEDADES DEL Na₂S

M gr/Mol-gr		78.050
P gr/cc	:	1.856
P Fusión °C	:	920.000
P Ebullición	:	1,856.000

Hf Fase Acuosa = 52.0 Kcal/Mol
Hf Fase Sólida = 44.2 Kcal/Mol

El Na₂S presenta a temperaturas ordinarias la forma hidratada, las cuales proceden de las distintas concentraciones de solución a las que se obtiene, la más común es el Na₂S.9H₂O el cual cristaliza en octaedros incoloros, cuadráticos o como prismas apuntados, fácilmente solubles en agua y alcohol. Cuando se cristaliza a temperaturas mayores de 48.9 °C se obtiene el Na₂S 5 1/2 H₂O.

Los cristales de sulfuros se ponen de color amarillo por acción del aire y la luz, el producto industrial presenta esta coloración e incluso adquiere una coloración parda, debido principalmente a las impurezas.

La solubilidad del sulfuro en agua es la siguiente:

Temp. °C	10	20	30	40	50	60	70	80	90
gr Na ₂ S/100 gr H ₂ O	15.4	18.8	22.5	28.5	39.8	42.7	45.7	51.4	59.2

5.1.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS

En nuestro país no se cuenta con una norma técnica para el producto, sin embargo el ITINTEC cuenta con las siguientes normas:

- ICONTEC 654 (Colombia)
Sulfuro de Sodio para uso industrial.
- JIS 1435, 1953 (Japón)
Sulfuro de Sodio para uso industrial.

CUADRO N° 5.2

NORMA TECNICA DEL Na₂S (Según ICONTEC)

GRADOS COMERCIALES	Na ₂ S en % mín	OTRAS SALES DE SODIO en % máx.	Fe en % máx	AGUA DE CRIS- TALIZACION en % mín.	MATERIA INSO- LUBLE EN AGUA en % mín.	SOLOBILIDAD EN AGUA 20°C en % mín.
Sulfuro de So- dio Concent.						
- Fundido	60-62	4,0	0,1	35	0,5	396 g/cc
- Escamas (libres de polvo)	60-62	4,0	0,1	35	0,5	
- Triturado (Fragmentos hasta de 10 mm libres de polvo)	60-62	4,0	0,1	35	0,5	
Sulfuro de So- dio de mediana concentración.						
- Lejía de sul- furo de sodio.	25	1,6	0,04	-	0,35	
- Sulfuro de So- dio cristali- zado.	30-32	1,5	0,0015	-	0,005	

** Los porcentajes están expresados en peso.

Para el producto empleado en nuestro país se emplea la norma colombiana (Ver el Cuadro N° 5.2), para las distintas formas de presentación del Sulfuro de Sodio.

5.1.3. GRADOS COMERCIALES

El Sulfuro de Sodio presenta diferentes grados de hidratación como se puede ver en el presente cuadro:

CUADRO N° 5.3
GRADOS COMERCIALES Na₂S

N° Moléculas de Agua	% de Agua	% de Na ₂ S
9	67.5	32.5
6	58.1	41.9
5 1/2	55.9	44.1
Fundido	38.0	62.0

De acuerdo a su forma de presentación se puede disponer en las siguientes formas:

a. Sólido

Se ofrece el producto concentrado al 60-62% de Sulfuro de Sodio como mínimo y un 35% de agua, el sólido presenta las siguientes formas:

- FUNDIDO (Bloques grandes de 10-15 cm)

- ESCAMAS (Libres de polvo)
- TRITURADO (Fragmentos de 40 mm a 60 mm)
- GRANULADO (Fragmentos hasta de 10 mm
Libres de polvo).

b. Solución

Para uso particular se puede vender una lejía, que es una solución acuosa del Sulfuro de Sodio al 25%, sólo se emplea cuando el transporte se realiza a cortas distancias. La solución también puede cristalizarse obteniendo el Sulfuro al 32.5%.

En ambos casos el sulfuro se debe ajustar a las normas del Cuadro N° 5.2. En el rubro de las otras sales de sodio que se permiten son las de carbonatos, cloruros, tiosulfatos e hidróxido de sodio.

El Sulfuro de Sodio anhidro tiene propiedades hidrosópicas y delicuescentes y puede sufrir una combustión espontánea, por ello se presenta con un cierto porcentaje de H₂O que evita estos fenómenos nocivos.

Finalmente, debe señalarse que el sulfuro de Sodio es considerado como irritante de la

piel y otros tejidos, liberando sulfuro de hidrógeno tóxico al ponerse en contacto con la piel. El producto deberá almacenarse en cilindros de carbón o metal y en sacos de polipropileno, los cilindros deben protegerse de la lluvia, debiendo almacenarse bajo techo y en un lugar seco.

5.2. SELECCION DE LA TECNOLOGIA.

Para efectuar esto se describe cada proceso y se evalúan los aspectos de materia prima, tecnología y medio ambiente.

5.2.1. TECNOLOGIAS EXISTENTES

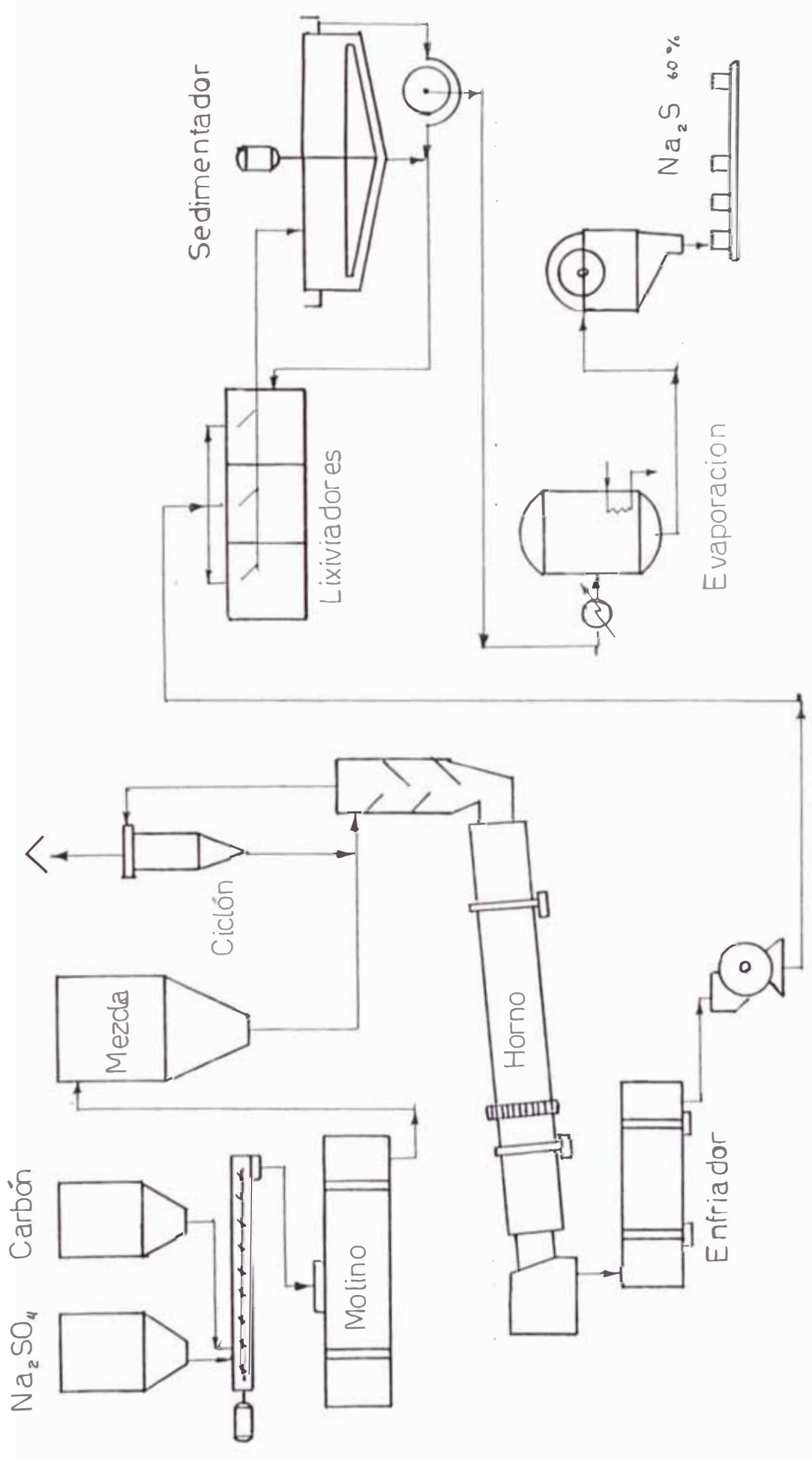
A continuación se mencionan los principales procesos que se emplean para producir el Sulfuro de Sodio.

a. Reducción de Sulfato de Sodio con Carbón.

Es el más empleado en el mundo, la compañía Alcalis de Colombia lo emplea para producir el Sulfuro. En el diagrama 5.1. se aprecia el esquema del proceso.

Las materias primas son sulfato de sodio anhidro y carbón, normalmente se

DIAGRAMA N° 5.1
Reduccion del Sulfato de Na con Carbón



mezclan 3 partes de sulfato con 1 de carbón, la carga así formada es precalentada y vertida en el horno rotatorio, la reacción dura 2 horas aproximadamente y está representada por la siguiente ecuación:



El producto obtenido presenta la composición típica siguiente:

CUADRO 5.4

ANALISIS DE CENIZAS NEGRAS DE SULFURO DE SODIO

	% Peso
Na ₂ S	78.6
Na ₂ CO ₃	2.8
Na ₂ SO ₃	1.0
Na ₂ S ₂ O ₃	0.6
Otras Sales	0.5
Insolubles	16.5

Las cenizas son enfriadas en una atmósfera excenta de O₂, una vez enfriado se tritura y se disuelve en una serie de lixiviadores.

De manera opcional se puede vertir las cenizas calientes directamente a un tanque disolvedor. La solución así formada es decantada, filtrada y calentada, conteniendo

do un 12 - 15% de Na_2S .

Luego, se bombea a un evaporador donde se concentra hasta un 60-62% de sulfuro, efectuándose a una temperatura de 150 a 160 °C. Este producto se enfría, para finalmente llenarlo en bolsas de polipropileno y dentro de cilindros de cartón o latón con una capacidad de 150 Kg. cada uno.

La temperatura del horno oscila entre 900-1,000 °C. Experimentalmente, se obtienen rendimientos del 95-97% de conversión del total del sulfato de sodio a Na_2S .

Con una carga de prueba de 160 Kg de sulfato anhidro al 95% y 60 Kg. de carbón antracita con un 80-85% de carbón fijo se produce 78 Kg de material soluble. Un análisis típico del producto obtenido es el siguiente:

CUADRO N° 5.5

ANALISIS DEL PRODUCTO Na_2S

	SOLUCION	CONCENTRADO
Na_2S	32.0	62.1
$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_2$	1.4	2.9
Na_2SO_3	1.4	1.1
Otras Sales	1.2	1.9
H_2O	64.0	32.0

b. Reducción del Sulfato de Sodio con Hidrógeno.

Este proceso fue desarrollado en Alemania, descrito por las patentes N° 599 314 y N° 566 987 manteniendo detalles del mismo de manera reservada por la I.G. Farben Industrie. En el Diagrama 5.2 se aprecia el esquema en proceso.

El Sulfato de Sodio de 98% de pureza como mínimo se mezcla con un catalizador de óxido de fierro, Luego se cargan en el horno que puede ser del tipo bóveda o rotatoria, el hidrógeno ingresa al horno por medio de un ventilador a presión y calentado a 800°C la temperatura adecuada de reacción bordea los 900°C, la ecuación que representa dicha reacción es la siguiente:



Esta reacción empieza a los 500°C y culmina a los 850°C.

Se producen 100 Kg de sulfuro de sodio por 1,265 m³ de hidrógeno consumido, el producto contiene un 95% de pureza, pero

presenta la desventaja de estar contaminado con Fe_2O_3 .

El sulfato así producido se le conoce con el nombre de SULFIGRAM, el proceso es continuo y tiene condiciones de operación menos corrosivas.

c. Saturación de la Soda Caústica con H_2S

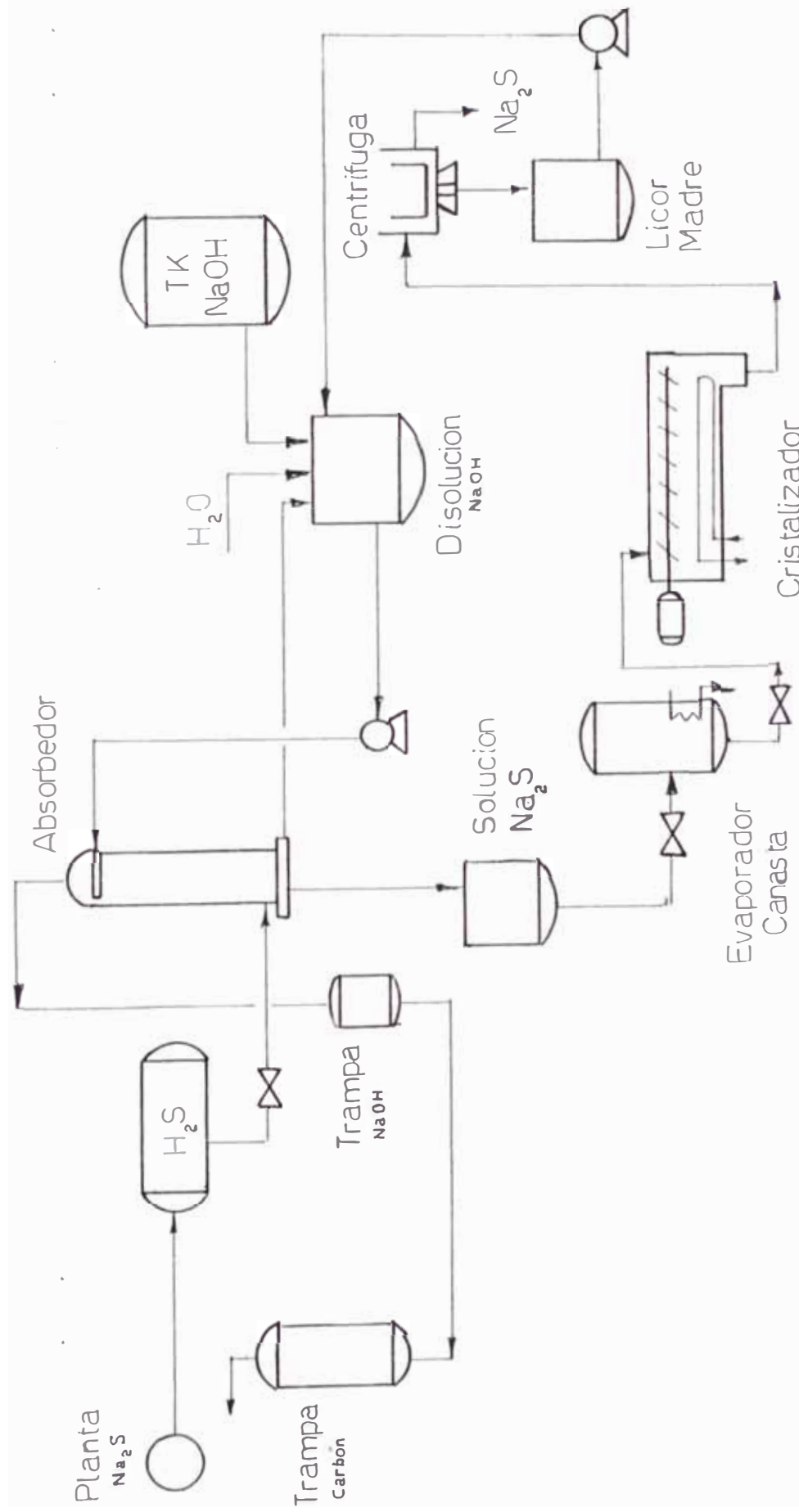
Este método fue estudiado por BERSELIUS VANQUELIN, el H_2S puede provenir de diferentes fuentes siendo una de ellas como sub-producto de la lixiviación de minerales argentíferos. En el diagrama 5.3 se aprecia el proceso a nivel industrial.

El H_2S proveniente de las concentradoras de minerales se almacena en dos tanques para luego enviarse a las torres de absorción por medio de blowers, ingresando por la parte inferior, la solución de NaOH es rociada por la parte superior por medio de duchas. La reacción química principal es la siguiente:



La solución resultante se deposita en

DIAGRAMA N° 5.3
Reaccion del NaOH con H₂S



un tanque de almacenamiento de Na_2S del cual se envía a un evaporador tipo canasta donde se concentra al 25% en peso, de aquí pasa a un cristalizador SWESON-WALKER, obteniendo cristales de $\text{Na}_2\text{S}\cdot 9\text{H}_2\text{O}$, los cuales se colectan en una centrifuga de canasta, son secados y ensacados.

d. Reacción de Soda Caústica con Azufre

Este proceso ha sido descrito por la patente de George N. Terziev N° 2'705,187 para la Chemical & Dye Corporation. El diagrama 5.4 describe el proceso.

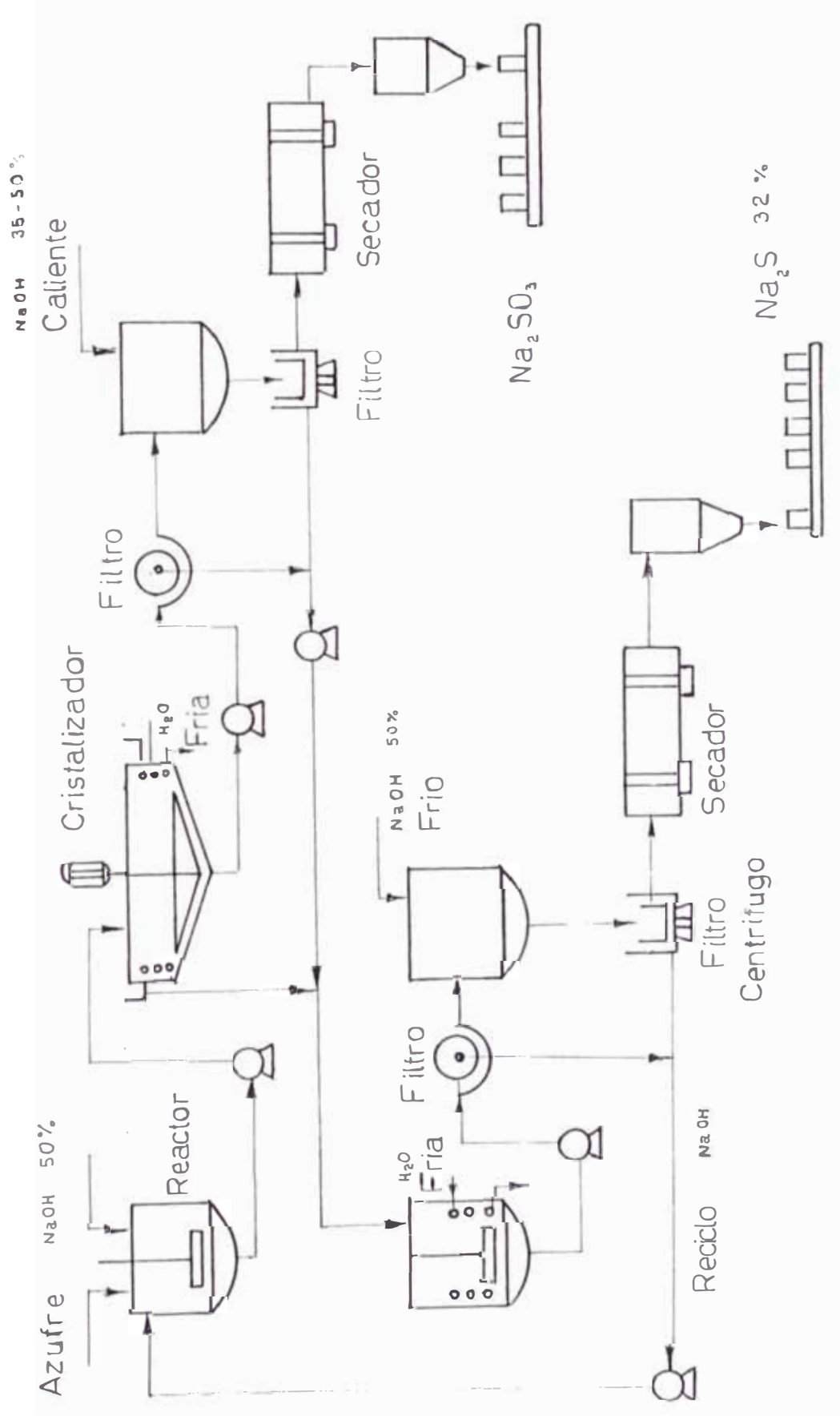
La solución de NaOH se halla al 50% en peso y se emplea en exceso del 150 al 200 % del requerido, el azufre se vierte al tanque reactor provisto de agitador y calentamiento, la reacción alcanza una temperatura de 135 a 140°C, la ecuación química que se verifica es la siguiente:



La mezcla se bombea a un sedimentador provisto de serpentines de enfriamiento donde se mantiene entre 110 a 120 °C donde

DIAGRAMA N° 5.4

Reaccion del NaOH con Azufre



asienta el sulfito, el licor claro es decantado y enviado al tanque de solución de Na_2S , el sólido es separado por centrifugación para luego ser lavado con una solución de NaOH caliente al 35 - 50%, el licor del centrifugado y el proveniente de los lavados se envían al tanque de solución de Na_2S . El sulfito de sodio así obtenido es secado y embolsado.

La solución conteniendo Na_2S se enfría a temperatura ambiente, precipitando el sulfuro con 6 moléculas de agua, los cristales se separan por centrifugación, se lavan con NaOH fría al 50% y se filtran en una centrifuga para finalmente secarse y ensacarse. El licor madre remanente y el proveniente de los lavados se envían nuevamente al reactor principal del proceso.

Para este método se cargan 1,200 Kg de NaOH al 50% reaccionando 250 Kg de la misma, junto con 96 Kg de Azufre al 99.5 % de pureza, el proceso tiene una eficiencia del 97% sobre el total de azufre agregado, produciendo 122 Kg de sulfito de sodio y 360 Kg. de $\text{Na}_2\text{S} \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

e. Reducción de la Baritina con Carbón y Reacción con Carbonato de Sodio.

Este proceso también es ampliamente utilizado en diversos países, se le conoce desde 1,940.

En el diagrama 5.5 se describe el proceso, la obtención del sulfuro se realiza en dos etapas, obteniéndose en este proceso $BaCO_3$ como producto principal.

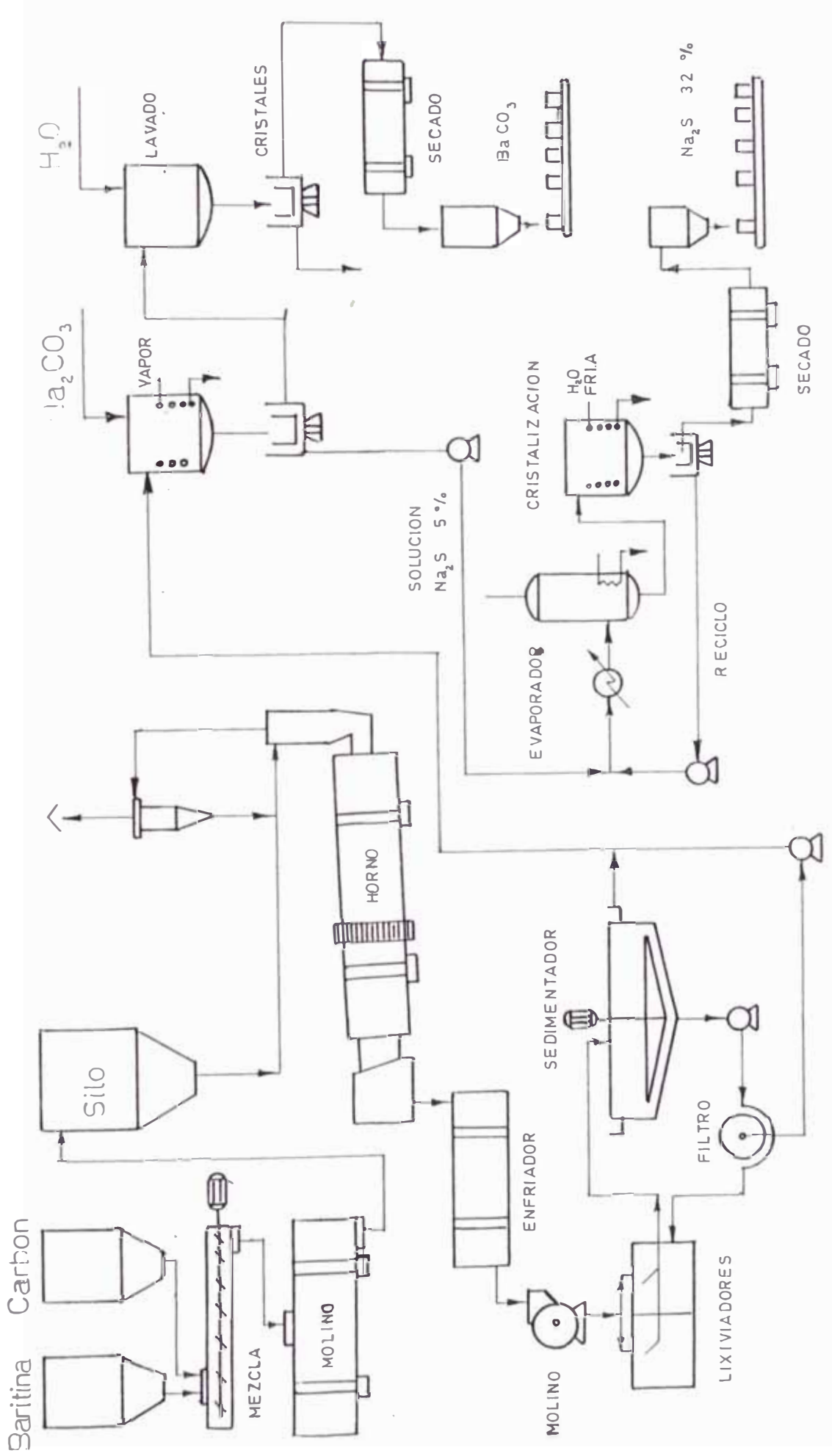
En la primera etapa se mezcla la baritina que contiene el Sulfato de Bario con un mínimo del 98% de este compuesto, junto con carbón de tipo antracita, bituminoso o hulla, la proporción adecuada es de 5 partes de baritina y 1 parte de carbón.

Se emplea un horno rotatorio, la reacción llega a completarse en tres horas, manteniendo la temperatura entre 1,150-1,200°C.

El producto se descarga a un enfriador rotatorio cerrado a la atmósfera, para luego ser molido y vertido a los tanques de lixiviación. Opcionalmente, se puede descargar el producto directamente a un disol-

DIAGRAMA N° 5.5

Reduccion de la baritina con Carbon



vedor, facilitando la lixiviación del mismo. La reacción química en el horno es la siguiente:



El producto obtenido recibe el nombre de cenizas negras presentando la composición promedio siguiente:

CUADRO N° 5.6

ANALISIS DE CENIZAS DE BARIO

	% en Peso
BaS	75 - 90
BaSO ₄	1 - 1.5
Insolubles	4 - 16
Cenizas	5 - 8

Las cenizas molidas se lixivian en agua a 70-80 °C en 1.5-2 horas. La solución obtenida se bombea a un tanque sedimentador donde se separa el licor claro, el cual es enviado a un tanque reactor con una concentración de 25-30% de Sulfuro de Bario, en dicho tanque se vierte una solución de carbonato de sodio al 25% preparada previamente en un tanque de

cemento, realizándose la reacción química representada por la siguiente ecuación:



La solución se agita y se mantiene caliente por un serpentín de vapor de 60 psi. separándose por centrifugado de los cristales de BaCO_3 formados, los cuales son lavados con agua para ser centrifugados otra vez, eliminando esta última agua de lavado, el sólido final se seca y envasa.

La solución remanente del tanque de reacción proveniente del primer centrifugado contiene Na_2S disuelto que se precalienta y envía a una serie de tanques de acero inoxidable donde se concentra por evaporación desde un 4-5% de sulfuro hasta un 20-25% en peso. La solución así concentrada se bombea a los cristalizadores donde se forma el $\text{Na}_2\text{S} \cdot 9\text{H}_2\text{O}$, los cristales se separan por centrifugación, se secan y embolsan en sacos de 50 kg.; el agua madre conteniendo un 3-5% de Na_2S se recircula hacia los evaporadores.

Para las condiciones experimentales del proceso se emplea 1,450 Kg. de baritina al 97% de Sulfato de Bario con 360 Kg de Carbón al 80% de carbón fijo y 640 Kg. de carbonato de sodio, obteniéndose 1,192 Kg. de carbonato de bario y 470 Kg. de sulfuro de sodio.

5.2.2. SELECCION DE TECNOLOGIA

A continuación se enumera las principales ventajas y desventajas que presenta cada proceso mencionado, seleccionando de esta manera el proceso más adecuado. Apreciando el resultado final en el Cuadro N° 5.7.

a. Reducción del Sulfato de Sodio con Carbón.

El Perú cuenta con la fuente de materia prima para este proceso, como es el yacimiento de Thenardita, ubicado en la Laguna "Las Salinas", como también se puede disponer de carbón proveniente de Oyón o emplear el existente en Carumas.

La principal desventaja que presenta es la producción de humos contaminantes, aunque sólo contengan mayormente CO₂, así

también el empleo de alta temperatura para realizar el proceso. A pesar de ello se considera a este como el más apropiado.

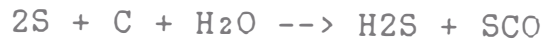
b. Reducción del Sulfato de Sodio con Hidrógeno.

La principal barrera que encuentra este proceso, es la poca información tecnológica con que se cuenta, por hallarse restringida dicha información. Además, el país no cuenta con recursos de H₂ abundantes y que en corto plazo puedan ofrecerlo a precios razonables. Si bien no genera contaminación y se obtiene un producto muy puro, salvo por estar contaminado con fierro.

c. Saturación de la Soda Caústica con H₂S.

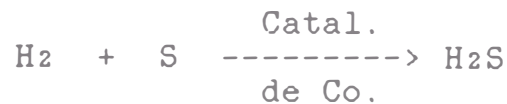
El principal problema lo presenta la disponibilidad de H₂S, en nuestro país puede enumerarse y discutirse cada posibilidad, como las siguientes:

- Como sub-producto de la fabricación de bisulfuro de carbono.



En el Perú no se tiene noticias de una considerable producción del bisulfuro de carbono, además el rendimiento de H₂S es bajo.

- Reacción del H₂ con azufre a altas temperaturas y presiones:



No se tiene disponibilidad de H₂ y S en cantidades en el país.

- A partir de sulfuros metálicos como las piritas, la pirrotita y chalcopirita.



- A partir de la lixiviación de minerales argentíferos durante su flotación y concentración, tiene la desventaja de ser costoso el proceso de purificación del H₂S para que pueda ser usado con

eficiencia, además la planta debe estar cerca del lugar de producción del sulfuro de hidrógeno.

Por todo lo expuesto, se descarta el empleo de este método, aunque dejando la posibilidad de efectuar estudios más precisos que puedan hacerlo viable.

d. Reacción de Soda Caústica con Azufre.

Si bien la conversión es buena, la tercera parte del azufre empleado produce sulfito de sodio, el cual no tendría uso inmediato en nuestro país puesto que la demanda de sulfito está cubierta. Además no se tiene en la actualidad facilidad para obtener el "Know-How" de este proceso, aunque tenga por ventajas el consumir baja energía y no ser contaminante, además el país cuenta con yacimientos importantes de azufre mayormente sin explotar.

Por todo ello este proceso se descarta, aunque dejando la posibilidad de realizar un estudio técnico propio que permita su factibilidad en el futuro.

e. Reducción de Baritina con Carbón y Reacción con Carbonato de Sodio.

Este proceso genera carbonato de bario como producto principal, el cual no tiene un consumo muy grande en el país, con un bajo porcentaje de producción de sulfuro, además el carbonato de sodio sólo podría obtenerse por importación, que no lo hace acorde con los objetivos propuestos.

Este proceso demanda mayor gasto de energía y de equipos. Por todo ello no resulta el más conveniente para obtener Na_2S .

Evalutando las alternativas presentadas se ha seleccionado al proceso de reducción del Na_2SO_4 con carbón como el más adecuado para producir el Na_2S , las comparaciones se resumen en el Cuadro N° 5.2.

CUADRO N° 5.7

SELECCION DE TECNOLOGIA

PROCESO	TECNOLOGIA	MATERIA PRIMA	PROCESO	CONTAMINACION AMBIENTAL	RESULTADO PUNTAJE
Reducción de Na ₂ SO ₄ con Carbón	Disponible totalmente	Carbón Sulfato	T = 900 °C 95 % efic. buena calidad	A media B	90
Reducción de Na ₂ SO ₄ con Hidrógeno	Reservado no disponible	Hidrógeno Sulfato	T = 850 °C 98 % efic. contamin. Fe, Ni.	A nula A	65
Reacción de NaOH con H ₂ S	Reservado bajo licencia	Soda H ₂ S	T = 80 °C 90 % efic. contamin. Fe, Ni.	B alta C	50
Reacción de NaOH con azufre	Reservado Restrtingido	Soda S	T = 1,500 °C 60 % efic. buena calidad	A nula A	70
Reducción de la Baritina con carbón	Disponible bajo licencia	Baritina Carbón Na ₂ CO ₃	T = 1,500 °C baja efic. impurezas	C media B	50

CATEGORIA : A = 25 : Libre
 B = 15 : Bajo Licencia
 C = 5 : Restrtingido
 D = 0 : No Disponible

Nula
 Media
 Alta
 Nocivo

FUENTE : CUADRO N° 4.1, 4.21.

5.3. DESCRIPCION DEL PROCESO SELECCIONADO

Habiéndose definido el proceso a seguir, se describirá el desarrollo del mismo basado en obtener una producción de Na_2S de 5,000 TM anuales.

5.3.1. CARACTERISTICAS DE LA MATERIA PRIMA Y DEL PRODUCTO

Para el proceso seleccionado, se obtendrá el sulfato a partir del yacimiento de Thenardita de la Laguna "Las Salinas", situado en el distrito de San Juan de Tarucani, Provincia y Departamento de Arequipa.

Dicho mineral es fácilmente explotable, hallándose en cantidades apreciables (Anexo N° II) En el Cuadro N° 5.8 se aprecia las características que presentan las materias primas necesarias y en el Cuadro N° 5.9 se muestran las correspondientes al producto que se obtendrá.

CUADRO N° 5.8
CARACTERISTICAS DE MATERIA PRIMA

	Mineral de Thenardita % en Peso	Sulfato Purificado % en Peso
Na ₂ SO ₄	55 - 58	94 - 97
Otras Sales	8 - 15	3 - 4
Insolubles	25 - 30	0.001
H ₂ O	4 - 8	3 - 5

CARBON	% PESO
Humedad	5 - 6
Materia Volatil	5 - 10
Cenizas	7 - 12
Carbón fijo	80.85
Azufre	0.5 - 1.0

CUADRO 5.9
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

	% Peso
Na ₂ S min.	60.0 - 62.0
Otras sales sodio máx.	2.0 - 4.0
Fierro máx.	0.0 - 0.1
H ₂ O de cristaliz. mín.	34.0 - 35.0
Insolubles	0.0 - 0.5
Solubilidad a 20°C gr/lt	396

5.3.2. DESCRIPCION DEL PROCESO

El proceso se desarrolla en 2 etapas fundamentales descritas a continuación:

PRIMERA ETAPA : PURIFICACION DEL SULFATO

Este método consiste en separar el

Sulfato de Sodio Anhidro partir de la Thenardita mediante dilución de este mineral en agua caliente, separando la materia insoluble para luego cristalizar el sulfato anhidro, Ver Diagrama N° 5.6.

Para obtener la sal anhidra existen diferentes métodos (Anexo N° III) de los cuales se ha escogido el de PETCHINEY denominado también SALTING-OUT, (Anexo N° IV) la ventaja de este método es su facilidad de operación, menores costos de instalación y la obtención de un producto de buena calidad. Además es más eficiente para minerales de buena ley tal como el que se dispone (superior al 40% de sulfato).

A continuación se describen las principales fases del proceso a seguir:

a. Extracción del Mineral.

La Thenardita se halla depositada como una capa sobre la superficie de la laguna, la cual puede recolectarse en los meses de sequía, encontrándose el lecho completamente seco, los detalles de explotación se describen en el Anexo N° II.

El mineral traído a la planta se almacena en una cancha amplia, manteniendo un stock de 30 días de operación (1,500 TM) y debe estar protegido de la lluvia por un techo a dos aguas y drenaje adecuado.

b. Molienda

El mineral se reduce desde un tamaño promedio de 5 mm (malla 4) hasta las 250 m. (malla 60), presenta un work index de 15 Kwh/tm siendo fácil su molienda, se requiere un molino de martillos de 45 HP, (HM-101) que trabajará 16 hr/día y procesará 3.12 TM/hr de mineral, el cual una vez molido se almacena en una pequeña cancha, desde allí se envía a una tolva que dosificará una carga al disolvedor. Línea (1).

c. Disolución

Se realiza en un tanque agitado de fondo cónico TD-101, para la disolución se emplea agua a 80°C proveniente de los condensados de los evaporadores, línea (2). La entrada de agua se halla junto con la del mineral dispuesto de tal manera que facilita la mezcla, la agitación es intensa

proporcionada por un motor de 7.5 HP un impulsor de turbina.

Se carga por hora 2,100 Kg. de Thenardita con 3,150 Kg. de H₂O, la relación de mezcla es de 1.5 partes de H₂O a 1 parte de mineral.

Prácticamente el 98.5% del Sulfato presente se disuelve quedando un 1.5% restante en las materias insolubles.

d. Bombeo

La solución conteniendo un 23% de Sulfato promedio se envía junto con los insolubles hacia el filtro mediante una bomba de diafragma de 3 HP a razón de 75 GPM Línea (3).

e. Filtración.

Se emplea un filtro rotativo del tipo Dorr Olivier (RF-101) que provee una adecuada recuperación de sulfato, aunque también pueden emplearse un par de filtros prensa dispuestos en paralelo de operación intermitente. Los sólidos se eliminarán fácilmente Línea (4).

f. Almacén

La solución limpia se envía al tanque pulmón TP-101 por medio de una bomba centrífuga de 1 HP a razón de 62 GPM, almacenándose una carga equivalente a 8 hr. de operación, Línea (5).

g. Bombeo

Desde el TP-101 se dosifica la solución al cristizador empleando una bomba de 1 HP a razón de 62 GPM por espacio de 15 min., Línea (6), lo que equivale a una carga fresca de 4,380 Kg. de solución.

h. Precipitación.

Se efectúa en el tanque TC-101 calentado por vapor, Línea (18). El método se detalla en el Anexo N^o IV y consiste en precipitar el Na₂SO₄ por adición de NaCl, el cual se agrega a la solución hasta que alcance una concentración de 35.5 gr. de NaCl por 100 gr. de H₂O y manteniendo la solución a 35°C, en este punto la solubilidad del Na₂SO₄ se reduce a cero precipitando este en su forma anhidra, (Diagrama N^o IV.1) y quedando el NaCl en

solución al 25% en peso. La mezcla se facilita por medio de un agitador de turbina y un motor de 7.5 HP.

i. Centrifugación

Tiene como objeto separar los cristales del sulfato anhidro de la solución que contiene una concentración de 25% de sal, la cual se recuperara en parte por evaporación, la salmuera se bombea por la Línea (9) hasta un TK pulmón TP-102 desde donde se dosifica a los evaporadores.

j. Recuperación de Sal

La solución de NaCl es almacenada en el tanque pulmón TP-102 desde donde se envía a los evaporadores, juntándose con una parte de las aguas madres remanentes de la cristalización de la sal. La concentración se lleva de un 25 al 45% en peso de NaCl, en un sistema de evaporadores a contracorriente, el licor concentrado se enfría a temperatura ambiente, separándose una gran cantidad de sal la cual se extrae y seca al ambiente, almacenándose en una cancha, para retornar al proceso línea (7).

Las aguas madres se eliminan junto con el carbonato, reciclando una pequeña parte para los evaporadores. Con este proceso se recuperan 1,250 Kg. de sal por hora representando el 87.5% del total que ingresa. Debiendo reponerse 250 Kg. al día equivalente a 72 TM anuales, el ahorro debido a la sal recuperada justifica este proceso, (Anexo No IX).

k. Lavado

Los cristales de sulfato pueden extraerse como producto pero para eliminar los remanentes de sal se les somete a un lavado, empleando para ello agua a 33°C enviada a cierta presión, línea (11), de esta forma se disuelve parte del Sulfato como decahidrato, el cual se centrifuga y retorna al cristalizador por la línea (12) en el momento de la dilución de la sal, obteniendo una mayor velocidad de precipitación del sulfato fundido concentrado y a su vez se obtiene un producto final purificado.

En esta etapa el 40% del sulfato que ingresa a la centrifuga retorna al

cristalizador como decahidrato, pero esta diferencia se compensa con la mayor calidad del sulfato obtenido.

1. Secado

El sulfato purificado se retira de la centrífuga y se descarga a una tolva TV-104 la cual dosifica una cantidad constante al Secador Rotatorio (RD-101) Línea (14), este emplea aire a 145°C calentando por los gases del caldero o por una resistencia eléctrica, debido a sus propiedades eflorescentes el sulfato pierde agua con facilidad, secándose desde un 6% hasta un 0.1% una vez seco se retira del secador y se almacena en una cancha protegida de la lluvia, quedando listo para ser empleado en la siguiente etapa del proceso. Línea (15).

SEGUNDA ETAPA : OBTENCION DEL SULEURO

En este proceso reacciona el Sulfato obtenido con el carbón antracita finamente molido, los detalles de la tecnología se encuentra en el Anexo N° V, explicándose a continuación el proceso a seguir de acuerdo al diagrama N° 5.7.

a. Molienda de Carbón

Se emplea carbón de tipo antracita el cual puede provenir de diversas fuentes como Oyón, Carumas, etc. debiendo tener un 80% de carbón fijo como mínimo, almacenando un stock equivalente a 30 días de operación.

Para emplearlo se reduce de tamaño en 2 etapas para procesar 2 TM por hora de carbón con una producción diaria de 12 TM.

Trituración.

El material se reduce desde 1 1/2" hasta 0.05" con una razón de reducción de 30:1 con un molino de martillos de 12 HP.

Molienda.

Luego el carbón se reduce de 0.05 hasta 0.006" (malla 100) empleando un molino de martillos de 25 HP con una razón de reducción de 10:1

El producto molido se almacena junto con el sulfato.

b. Carga de Materiales

El sulfato y el carbón se cargan a las tolvas TV-106 y TV-107 respectivamente, mediante la faja FT-105 el elevador de Cangilones CT-103 y la faja FT-106, la cual orienta al material a una u otra tolva.

c. Mezcla de Materiales.

El sulfato y carbón almacenado en las tolvas se descarga por las fajas FT-107 y FT-108 respectivamente línea (31) y (32), hasta el gusano mezclador MX-101 línea (33) en donde se homogeniza la mezcla, el tiempo de operación es de 6 minutos para la descarga, la dosificación se regula por la apertura del chute de descarga de cada tolva. Para obtener la proporción requerida se mezclan 2.75 TM de sulfato con 1.1 TM de carbón, esta mezcla es llevada por el gusano hasta el elevador de cangilones CT-104 el cual se alimenta al silo del almacén TV-108 desde donde se dosificará la mezcla al horno en la cantidad adecuada.

d. Carga del Horno

Esta se realiza cada 3 horas mediante el gusano transportador-mezclador MX-102 línea (34), que lleva 3.8 TM de mezcla en 15 minutos, la forma especial del tornillo favorece una mayor mezcla de los materiales lo que mejora la eficiencia del proceso. Adyacente a este gusano se halla una pequeña tolva que descargará el Na_2S requerido para mantener la mezcla fluida en el horno durante la reacción.

e. Reacción en el Horno

El material cargado se distribuye a lo largo del horno, facilitado por la rotación y ligera pendiente que presenta.

La reacción en sí presenta 3 etapas:

- FUSION.- También llamada de calentamiento, en donde la carga se calienta hasta los 850°C a partir de esta temperatura el sulfato se funde y la reacción empieza lentamente, además que se facilita la mezcla del sulfato con el carbón. La temperatura sigue elevándose hasta alcanzar los 900°C punto en el cual

todo el sulfato se ha fundido. De esta forma la reacción se vera favorecida y proseguirá rápidamente. Este período dura de 1/2 a 3/4 de hora en completarse, hasta que todo el sulfato se haya fundido.

- REACCION.- Empieza a lo 850°C desarrollándose plenamente entre los 900-950°C las ecuaciones químicas principales son:



La finalidad de emplear antracita radica en que tiene un punto de ignición de 700°C lo que evita su rápida combustión hacia CO₂, pues para llevar a cabo la reacción se requiere de una atmósfera apropiada, rica en CO el cual reduce el sulfato a sulfuro.

La segunda reacción es endotérmica y recibe calor proporcionado por la primera reacción y por el quemador de petróleo. Para lograr la atmósfera reductora se hace ingresar al aire en proporción adecuada para la reacción, manteniendo

dichas condiciones durante toda la etapa.
(5% en exceso de O₂).

El efecto neto es la formación de sulfuro de Na con una gran evolución de CO₂ registrado en los gases de combustión llegando hasta un 40% en peso.

Como el sulfuro formado tiene un punto de fusión más alto, la carga tiende a solidificarse lo que dificultaría la descarga, para evitar esto se agrega una pequeña cantidad de Na₂S, aproximadamente un 4% del peso del sulfuro de sodio producido, el cual mantendrá la carga fluida durante el proceso, además aparecen algunas reacciones secundarias las cuales forman polisulfuros, eliminados en la siguiente fase. En total esta etapa demora 3/4 a 1 hr en completarse.

- DESCARGA. - Es a etapa se inicia cuando todo el carbón y sulfato han reaccionado, se aprecia claramente cuando la composición del CO₂ decae en el flujo de gases de combustión, cuando esto empieza a suceder se debe cerrar el ingreso de aire al mínimo y ajustar el quemador de

petróleo al punto que provea sólo un 12% de CO₂ en los gases de combustión.

De esta manera las impurezas que se forman, tales como el carbonato y los polisulfuros de Na, reaccionan entre si formando Na₂S y eliminando CO₂, lo que mejora la eficiencia del proceso. El tiempo de operación se determina analizando la evolución de CO₂ el cual decae continuamente hasta nivelarse a un 12% en el flujo de gases, manteniéndose constante, este es el momento en que se debe realizar la descarga del producto línea (35).

Los gases salen del horno a 1,200°C los cuales se emplean para generar vapor en un caldero de recuperación, dicho valor se empleará en la concentración del Na₂S al 60%. Además estos gases se emplearán para calentar el aire suministrado al quemador de petróleo. Finalmente estos gases son rociados con agua pulverizada para precipitar los polvos finos y SO₂ que puedan tener reduciendo la contaminación del medio ambiente

f. Dilución

Una vez completado la reacción, la carga se halla en el otro extremo del horno, siendo descargado directamente a un tanque disolvedor TD-102, provisto de un motor de 7.5 HP y agitador de turbina, este recipiente recibe agua a 20°C, parte de ella ingresa de forma paralela a la carga al ingresar al tanque, de tal forma que se mezcle con el producto y facilite su disolución.

La agitación es constante por espacio de 1 hr. la atmósfera del tanque está exenta de O₂, esto se logra empleando CO₂ o una parte de los gases de combustión el cual desplazará el O₂, para luego mantener el tanque cerrado mientras termina la disolución.

Terminada la agitación se dejan sedimentar los materiales insolubles por espacio de 45 min., éstos sólidos se retiran del fondo del recipiente de forma cónica, línea (37), luego se drena la solución clarificada la cual será filtrada posteriormente.

Un detalle importante es la adición de una pequeña cantidad de BaS, como una solución que contenga 30-40 Kg de esta sustancia, la cual precipitará el carbonato y sulfato presentes, purificando la solución de estos materiales.

g. Bombeo

La solución que contiene un 15% de Na₂S en peso se envía del tanque disolvedor hacia la unidad de filtrado, mediante una bomba de diafragma similar a la empleada en la Sección Sulfato. Línea (36).

h. Filtración

Las impurezas son separadas en un filtro prensa el cual elimina los sólidos periódicamente, línea (38). Se tienen 2 unidades que funcionan alternativamente. La solución limpia se envía hasta un tanque pulmón TP-103 que almacena solución de Na₂S equivalente a 8 hr de operación. línea (39) garantizándose un flujo constante a los evaporadores por la línea (40) mediante una bomba de 1 HP y 12 GPM.

i. Evaporación

La solución se concentra desde un 15% de Na_2S hasta un 60-62% en peso, en un sistema de evaporadores de doble efecto a contra-corriente.

La carga ingresa por la segunda etapa donde se concentra y calienta hasta un 22% a 80°C , de aquí se bombea a la primera etapa línea (41), donde se concentra hasta el 60-62% a 160°C , la primera etapa emplea vapor vivo, línea (44), proveniente del caldero de recuperación y la segunda etapa emplea el vapor generado en la primera etapa, línea (45), los condensados se recolectan al tanque TP-106, el vapor de la segunda etapa se emplea para calentar la alimentación al evaporador, línea (46).

j. Envasado

El Na_2S al 60% concentrado es bombeado hasta una máquina que lo enfría, solidificándose. Línea (42), simultáneamente lo convierte en flakes los cuales son inmediatamente ensacados en bolsas de polietileno grueso y colocados en cilindros de latón herméticamente cerrados.

CUADRO N° 5.10

BALANCE DE MASA (TM/DIA)

A) PURIFICACION DEL SULFATO

Línea	N°	Na ₂ SO ₄	NaCl	Na ₂ CO ₃	H ₂ O	Impurezas	total
Holie da	1	28.65	4.30	1.10	2.73	13.22	50.0
Ag de dil ció	2	-	-	-	75.00	-	75.0
E trada filtro	3	28.65	4.30	1.10	77.73	13.22	125.0
Sólido retir do	4	0.435	0.12	0.05	6.10	13.22	19.9
Liq. filtrado	5	28.215	4.18	1.05	71.65		105.1
Liq. filtrado	6	28.215	4.18	1.05	71.65		105.1
NaCl	7		30.24	1.69	0.50		32.43
Sol c. y cristal.	8	46.74	34.92	2.76	97.56		182.0
Sol c. NaCl	9	1.20	34.32	2.64	95.52		133.7
Sol c. NaCl	10	1.20	34.32	2.64	13.92		133.7
H ₂ O lav do	11	-	-	-	26.40		26.4
Dec . recicl d.	12	18.48	0.50	0.09	25.92		45.0
Purga de sal	13	1.20	4.32	2.40	13.92		21.8
S lf. e o	14	27.07	0.09	0.02	2.52		29.7
S lfato seco	15	27.07	0.09	0.02	0.12		27.3
NaCl rec p.	16	-	30.00	1.68	0.25		31.93
NaCl re osició	17	-	-	0.24	0.01	0.25	0.50
Vapor 50 Psi	18	-	-	-	-	3.84	3.84
Cristal. in r. C+1		45.55	-	0.60	0.12	2.04	48.31

B) EVAPORACION DE NaCl

Línea		NaCl	H ₂ O	Otras sales	Total
21	Alime tació Evapor.	47.04	130.8	7.44	185.28
22	Salida 3° Etapa	47.04	109.0	7.44	163.44
23	Salid 2° Etapa	47.04	82.1	7.44	136.56
24	Salida 1° Etapa	47.04	50.4	7.44	104.88
25	Vapor 35 Psia	-	45.6	-	45.60
30	V por co densado	-	129.8	-	129.80
19	Ag a madre	17.04	49.2	7.20	73.44
16	NaCl recuperado	30.0	1.2	0.25	31.45
13	Purga de Solución	4.32	13.9	3.60	51.60
20	Retorno de Solución	12.72	35.3	3.60	21.84
10	Sol c. NaCl fresca	34.32	95.52	3.84	133.68

C) PRODUCCION DE SULFURO

1. Molienda de Materiales

	Kg/ciclo	TN/día	Línea	TN/año
Sulfato al 95%	2,750.0	22.00	31	6,600
Carbón al 80%	1,060.0	8.50	32	2,550
Total Carga	3,810.0	30.50	33 y 34	

2. Salida del Horno Línea 35

Material	% Peso	W/ciclo	W/Hr	TN/día
Na ₂ S	78.85	1,350.0	450.0	1.8
Na ₂ CO ₃	3.50	60.0	20.0	0.48
Na ₂ SO ₄	0.10	1.7	0.6	0.01
Polisulfuros	0.25	4.3	1.4	0.03
Na ₂ SiO ₃	0.30	5.1	1.7	0.04
NaOH	0.35	6.0	2.0	0.05
NaHS	1.50	25.7	8.6	0.21
Carb. Insol.	15.15	259.2	86.4	2.07
TOTAL	100.00	1,712.0	570.4	13.70

2. Concentración de Na₂S

Línea de Proceso	N°	Na ₂ S	Na ₂ CO ₃	Na ₂ SO ₄	Otras sales	Insolubles	H ₂ O	TOTAL
Ta q. disolvedor	35+48	10.80	0.48	0.01	0.32	2.06	58.8	72.48
Liq. claro	36	10.32	0.17	-	0.26	0.24	57.65	68.64
Sol. retirado	37	0.48	0.31	0.01	0.06	1.82	1.15	3.84
Sol. filtrado	38	0.05	0.02	-	-	0.24	0.05	0.36
Liq. filtrado	39	10.27	0.15	-	0.26	-	57.60	68.28
Sal. al evapor.	40	10.27	0.15	-	0.26	-	57.60	68.28
Sol. c. 2° etap	41	10.27	0.15	-	0.26	-	34.68	45.36
Sol. c. 1° etapa	42	10.27	0.15	-	0.26	-	6.36	17.04
Na ₂ S 60%	43	10.27	0.15	-	0.26	-	6.36	17.00
Vapor 135 Psia	44	-	-	-	-	-	38.88	38.88
H ₂ O evaporada	45	-	-	-	-	-	51.24	51.24
Tot l co de sado	47	-	-	-	-	-	220.44	220.44
Agua dilución	48	-	-	-	-	-	58.80	58.80

CUADRO N° 5.11

BALANCE DE MATERIA GLOBAL
(Ver diagrama N° 5.8)

PROCESO	ENTRA	SALE
Na ₂ SO ₄	8,375	8,375
Na ₂ S	7,960	7,945
total	16,335	16,320

$$\% \text{ Error} = \frac{E - S}{E} = 0.085\%$$

CUADRO N° 5.12

BALANCE DE ENERGIA

PROCESO	DISPONIBLE Kcal/Hr	REQUERIDO Kcal/Hr	% EFIC.
Dilución Na ₂ SO ₄	62,500	16,100	25.8
Cristalización	82,080	67,320	82.0
Lavado	11,000	3,900	35.5
Interc. NaCl	520,000	210,000	40.1
Evap. NaCl	1'000,000	735,000	73.5
Diluc. Na ₂ S	257,000	200,000	78.0
Interc. Na ₂ S	526,200	113,300	21.5
Evap. Na ₂ S	785,000	637,200	81.2
Generación Vapor de horno	1'015,000	868,000	83.1
Calentamiento Aire del horno	170,000	132,100	77.3
Horno rotatorio	208,344	155,824	75.0

FUENTE : CUADRO N° VIII.1

CUADRO N° 5.13

RELACION MATERIA PRIMA/PRODUCTO

MATERIA PRIMA	TM/DIA	TM/AÑO	RAZON TM/TM Na2S
Thenardita	50.0	15,000	3.00
Carbón	8.5	2,550	0.51
Na2SO4 (empleado)	22.0	6,600	1.32
PRODUCTO			
Na2SO4 (sobra)	5.0	1,500	0.30
Na2SO4 (total)	27.0	8,100	1.62
Na2S (60%)	17.0	5,000	1.000

CUADRO N° 5.14

CONSUMO DE SERVICIOS

ELECTRICIDAD (KW/día)

	Proceso	Iluminación	total
Na2SO4	1,270	130	1,400
Na2S	960	130	1,090
Total	2,230	260	2,490

AGUA (m³/día)

	Proceso	Servicios	total
Na2SO4	21.0	3.0	24.0
Na2S	7.8	4.2	12.0
Total	28.8	7.2	36.0

COMBUSTIBLE : Horno 384 (GAL/día)

VAPOR : Evaporador NaCl 48 (TM/día)

REACTIVOS : NaCl 240 (Kg/día)
BaS 240 "
Na2S 540 "

ENVASES : Para el Na2S 60% 170 N°u/día

5.3.3. BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA

De acuerdo con el diagrama N° 5.6 y 5.7 se elaboró el diagrama N° 5.8 y el cuadro N° 5.10 donde se detallan las masas que circulan de un proceso a otro, el Cuadro N° 5.11 es el Balance Global de Masa. en el Cuadro N° 5.12 se indican los resultados del Balance de Energía para los equipos que lo requieran.

En el Cuadro N° 5.13 se aprecia la Relación de Materia Prima y la producción obtenida.

Para el caso de los servicios, en el cuadro N° 5.14 se aprecia el consumo de agua, eléctrico, combustible, etc. En el Anexo N° VIII se detalla de manera desagregada estos rubros.

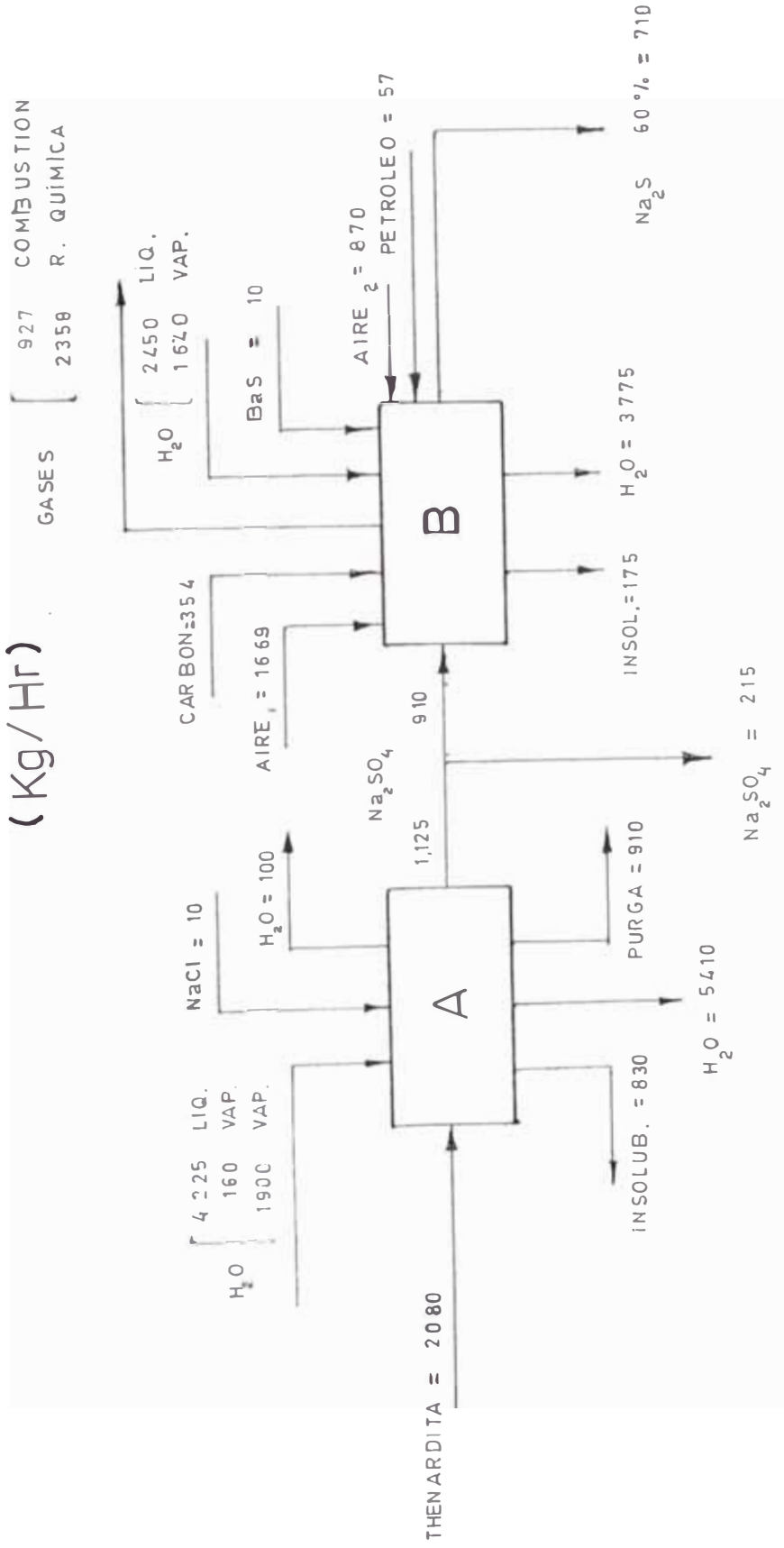
5.3.4. DISEÑO DE EQUIPOS DEL PROCESO Y SERVICIOS- ESPECIFICACIONES

Los resultados se resumen en el Cuadro N° 5.15 mostrando la relación de equipos empleados, así como sus principales características, tanto para las unidades de proceso y e servicios.

DIAGRAMA N° 5.8

Balace de Materia

(Kg/Hr)



Debe resaltarse que casi la totalidad de equipos empleados pueden ser fabricados en el país, lo cual reducirá enormemente los costos de inversión, contando para ello con las empresas metalmecánicas adecuadas para ello.

5.4. DISTRIBUCION DE PLANTA

Para realizar esto se ha considerado los criterios de acortar distancias de uno a otro equipo, tener menos extensión de tuberías y agrupar los procesos en sectores definidos, tal como se aprecia en el Diagrama N° 5.9, teniendo 4 fases importantes:

ZONA A : Purificación de Sulfato

ZONA B : Recuperación de NaCl

ZONA C : Producción de Na_2S

ZONA D : Purificación del Na_2S

La disposición de los equipos facilita las operaciones, por ejemplo los evaporadores de Na_2S se hallan cerca del caldero de recuperación de los gases de combustión del horno así como en el caso de los evaporadores de sal.

El producto final es envasado y llevado a un depósito protegido de la luz y la humedad.

5.5. CRONOGRAMA DE IMPLEMENTACION

Para esta estimación se tomó como referencia estudios anteriores sobre tiempos de implementación en diferentes plantas de proceso, el resultado se aprecia en el Diagrama N° 5.10 dando un tiempo total de 1 año 2 meses para tener la planta lista para su operación como mínimo. Para efectos de la evaluación económica se tomarán 1 año preoperativo antes del período de operación total.

CUADRO N° 5.15

RELACION DE EQUIPOS EMPLEADOS

PURIFICACION DEL SULFATO

EQUIPO	CODIGO	CARACTERISTICAS	
* Faja	FT-101	Q = 35 TM/hr.	L = 25', A = 14" P = 1.5 HP
* Tolva Thenardita	TV-101	Vt = 1.8m ³	Ht= 1.2m, A=10m ² e = 1/8"
* Molino de Martillos	HM-101	Q = 3.2TM/hr.	Rr= 20:1 Dr = 24" P = 45 HP
* Faja Thenardita	FT-102	Q = 35 TM/hr.	L = 25', A = 14" P = 1.5 HP
* Cangilon	CT-101	Q = 38 TM/hr	P = 3HP, H=7.5 m
* Tolva Thenardita	TV-102	Vt = 1.2m ³	Ht=1m, A=7m ² e = 1/8"
* Tanque Di- solvedor de Sulfato	TD-101	Vt = 5.1m ³	D = 1.8m, H=2.5m A = 18 m ² e = 1/8"
* Agitador de Disolvedor	AT-101	Da = 0.6m	P =7.5HP, N=210rpm Turbina 6 palas

Bomb Solu- ción Impura	BP-101	Q = 75 GPM	P = 3 HP (de diafragma).
* Fil ro Rotatorio	RF-101	Q = 0.75 m ³ /hr	D = 18", L = 36" P = 3HP
* Bom a solu- ción Limpia	BP-102	Q = 65 GPM	P = 1 HP Centrifuga.
Tk. Pulmón Na ₂ SO ₄	TP-101	Vt = 28 m ³ (8 hr)	D = 3.2m, H=4m A = 57m ² , e=1/8"
Bomba ali- men .Crist.	BP-103	Q = 65 GPM	P = 1 HP centrifuga.
Faja NaCl	FT-103	Q = 25TM/hr	L = 25', A=14" P = 1.5HP
Cangilón	CT-102	Q = 28 TM/hr	P = 2 HP, H=7.5m.
Tolva NaCl	TV-103	Vt = 1.1 m ³	Ht = 1.0m, A=7m ² e = 1/8"
Cristaliza- dor Na ₂ SO ₄	TC-101	Q = 1,750 GAL	D = 2m, H = 2.5m A = 22m ² , e=1/8"
Agitador de Cristalizad.	AT-102	Da = 0.7 m	P = 7.5HP, N=150RPM Turb. 6 palas incl.
* Filtro	CF-101	Q = 2.5TM/hr	D = 24", P=7.5HP de canasta
* Bomba Sal- muera	BP-104	Q = 65 GPM	P = 1 HP Centrifuga.
* Tanque Pul- món NaCl	TP-102	Vt = 38 m ³ (8hr)	D = 3.6, H=4.5m A = 72 m ² , e=1/8"
* Bomba alim. Evap. NaCl.	BP-105	Q = 25 GPM	P = 1 HP Centrifuga
* Bomba Deca- hidratada	BP-106	Q = 40 GPM	P = 1 HP, Centrifuga
* Tolva Si - fato Húmedo	TV-104	Vt = 4.2 m ³	Ht = 1.5m, A=16m ² e = 1/8"
* Secador Ro- tatorio	RD-101	Q = 1.1TM/hr sulf. seco	D = 1m, L=10m P = 6 HP, A=32m ²
* V nti ador de Secador	VD-101	Q = 5TM/hr aire seco	P = 3 HP

PURIFICACION DEL CLORURO DE SODIO

EQUIPO	CODIGO	CARACTERISTICAS	
Evaporador de NaCl Triple efecto	ES-101 ES-102 ES-103	$V_o = 1.9 \text{ TM/hr}$	$D = 1.5, H = 3\text{m}$ $A_t = 35\text{m}^2$ $e = 1/8''$ $V_t = 3,350\text{Kg/hr vap}$
BOMBAS			
3° Eapa IN.	BP-114	$Q = 30 \text{ GPM}$	$P = 2 \text{ HP}$
3° Eapa OUT	BP-115	$Q = 30 \text{ GPM}$	$P = 2 \text{ HP}$
2° Eapa OUT	BP-116	$Q = 25 \text{ GPM}$	$P = 2 \text{ HP}$
* 1° Eapa OUT	BP-117	$Q = 15 \text{ GPM}$	$P = 1 \text{ HP}$
Agua Madre	BP-118	$Q = 15 \text{ GPM}$	$P = 1 \text{ HP}$
Reciclo	BP-119	$Q = 15 \text{ GPM}$	$P = 1 \text{ HP}$
Vacio 3° Et.	BV-101	$\Delta P = 12 \text{ psia}$	$P = 3 \text{ HP de vacio}$
* Vacio 2° E	BV-102	$\Delta P = 14 \text{ psia}$	$P = 2 \text{ HP de vacio}$
Cristaliz. NaCl	TC-102	$Q = 1,000 \text{ Gal}$	$D = 1.6\text{m}$ $H = 2.2\text{m}$ $A = 14\text{m}^2$ $e = 1/8''$
Tanque de Reciclo	TP-104	$V_t = 5 \text{ m}^3$ (2 hr)	$D = 2\text{m}$ $H = 2.5\text{m}$ $A = 22\text{m}^2$ $e = 1/8''$
Filtro Rotatorio	RF-102	$Q = 0.63\text{m}^3/\text{hr}$	$D = 18''$ $L = 36''$ $P = 3 \text{ HP}$

OBTENCION DE Na_2S

EQUIPO	CODIGO	CARACTERISTICAS	
* Faja	FT-104	$Q = 16 \text{ TM/hr}$, $P = 1.5 \text{ HP}$	$L = 25'$ $A = 14'$
Torva Carbón	TV-105	$V_t = 3.75 \text{ m}^3$	$H_t = 1.5\text{m}$ $A = 16\text{m}^2$ $e = 1/8''$
* Triturador de Martillos	HM-102	$Q = 2 \text{ TM/hr}$	$R_r = 30:1$ $D_r = 12''$ $P = 12 \text{ HP}$
Molino de Martillos	HM-103	$Q = 2\text{TM/hr}$	$R_r = 10:1$ $D_r = 18''$ $P = 25 \text{ HP}$
* Faja	FT-105	$Q = 28 \text{ TM/hr}$	$L = 16'$ $A = 14''$ $P = 1.5 \text{ HP}$

* Cangilon	CT-103	Q = 31 TM/hr	P = 5 HP, H = 15m V = 150 pie/min
* Faja	FT-106	Q = 28 TM/hr	L = 16', A = 14" P = 1.5 HP
* Tolva Sulfato	TV-106	Vt = 75m ³ (5días)	Ht = 4m, A = 110m ² e = 1/8"
* Tolva Carbón	TV-107	Vt = 52m ³ (5días)	Ht = 3.6m, A = 90m ² e = 1/8"
* Faja Des-carga Sulf.	FT-107	Q = 22 TM/hr	L = 10', A = 13" P = 1.5 HP
* Faja Des-carga Carb.	FT-108	Q = 8.5 TM/hr	L = 10', A = 11" P = 1.5 HP
* Gusano Mezclador	MX-101	Q = 12.5 (pie ³ /min)	L = 25', Dt = 16" P = 2 HP
* Cangilon	CT-104	Q = 26 TM/hr	P = 4 HP, H = 15m V = 150 pie/min
* Tolva Mezcla	TV-108	Vt = 127m ³ (5días)	Ht = 5m, A = 175m ² e = 1/8"
* Dosificador Mezclador	MX-102	Q = 7.5 (pie ³ /min)	L = 16', Dt = 12" P = 1 HP
* Horno Rotatorio	RF-101	Q = 31 TM/día (carga)	D = 1.6m, L = 16m P = 15 HP, e = 1/4"
* Ventilador del Horno	VD-102	Q = 7,312 (pie ³ /min)	P = 6HP
* 1° Bomba de Petroleo.	BP-107	Q = 20 GAL/hr	P = 0.25HP Tornillo
* 2° Bomba de Petroleo.	BP-108	Q = 20 GAL/hr	P = 0.50HP Tornillo
* Tanque de Petroleo	TP-105	Vt = 6 m ³ (4 días)	D = 2m, H = 2.5m A = 22m ² , e = 1/8"
* Tanque de Lixiviador	TD-102	Vt = 9.9 m ³	D = 2.2m, H = 3m A = 26m ² , e = 1/8"
* Agitador del Lixiviador	AT-103	Da = 0.75	P = 7.5HP, N = 150RPM Turbina 6 palas
* Bomba Solu-ción Impura	BP-109	Q = 70 GPM	P = 3HP Diafragma.

Filtro	PF-101	Q = 15 Kg/hr sólidos	Prensa A = 0.25m ² 3 Stand-By
Bomba Na ₂ S Limpio	BP-110	Q = 70 GPM	P = 1 HP Centrífuga.
Tanque Pul- món NaCl.	TP-103	Vt = 21 m ³ (8 hr)	D = 3m, H = 3.7m A = 50m ² , e = 1/8"
Bomba Ali- ment.evap. Na ₂ S	BP-111	Q = 15 GPM	P = 1 HP Centrífuga.
Evaporador N ₂ S Do le efecto.	EV-101 EV-102	V _o = 1.6TM/hr	D = 1.5m, H = 3m At = 32 m ² , e = 1/8" Vt = 2135Kg/hr vap.
Bomba Salida 2° etapa.	BP-112	Q = 10 GPM	P = 1HP Centrífuga
* Bomba Salida 1° E apa	BP-113	Q = 5 GPM	P = 1HP, Desplaz. Posit.
Bom a Vacío 2° Eta a	BV-103	ΔP = 7 psia	P = 3HP de vacío
Extrusora	EA-101	Q = 17 TM/día	P = 2.5 HP de tornillo
Tolva Na ₂ S	TV-109	Vt = 2m ³	Ht = 1.2m, A = 10m ² e = 1/8"
Envasadora	EA-102	Q = 17TM/día	P = 2.5 HP
* E uipo Tra- tami n. Agua	WT-101	Q = 36 m ³ /día	

LINEAS DE AGUA DE PROCESO

EQUIPO	CODIGO	CARACTERISTICAS	
* Tanque de Con ensados	TP-106	Vt = 20 m ³ (2 hr)	D = 3.0m, H = 3.5m A = 50m ² , e = 1/8"
* T n ue d gu de re osición	TP-107	Vt = 72 m ³ (48hr)	D = 4.5m, H = 5.6m A = 112m ² , e = 1/8"
* Tanque de Petroleo	TP-108	Vt = 10 m ³ (4días)	D = 2.3m, H = 3m A = 30m ² , e = 1/8"

BOMBAS DE AGUA (CENTRIFUGA)

EQUIPO	CODIGO	CARACTERISTICAS	
* Lixiviación. Na ₂ S	BP-120	Q = 70 GPM	P = 3 HP
* Dilución Na ₂ SO ₄ .	BP-121	Q = 60 GPM	P = 1 HP
* Lavado de Na ₂ SO ₄ .	BP-122	Q = 30 GPM	P = 1 HP
* Alimentac. agua de Recuperac.	BP-123	Q = 5 GPM	P = 1 HP
* Alimentac. agua de Re- posición.	BP-124	Q = 7 GPM	P = 1 HP
* Entrada a Caldero de Recuperación	BP-125	Q = 10 GPM	P = 2 HP
* Alimentac. Caldero de Vapor	BP-126	Q = 10 GPM	P = 2 HP
* Caldero de Recuperación	RB-101	Q = 1.8TM/hr	P = 135psia Tgases = 1,200°C Tv= 180°C
* Caldero de vapor.	SB-101	Q = 2 TM/hr	P = 35 psia Tv= 130°C

CAPITULO VI

ESTUDIO ECONOMICO

En este capítulo se ha desarrollado la estimación económica del proyecto, para este fin se han establecido cuatro partes principales: Estructura de la Inversión, Financiamiento, Ingresos y Costos del Proyecto con sus Estados Financieros respectivos por último la evaluación económica.

El proyecto ha sido evaluado en dólares americanos (US\$) referidos al año cero o preoperativo de 1991, con un tiempo de vida útil de 10 años calendarios.

6.1. ESTRUCTURA DE LA INVERSION.

La inversión total del proyecto comprende el capital fijo y el capital de trabajo, la parte fundamental comprende la estimación de costos de todos los equipos de la planta, estos costos provienen en algunos casos de fuentes nacionales y en otros han sido estimados y actualizados por los índices de Nelson.

A continuación se detalla la estructura de ambos

rubros, empleándose en todos los casos el dólar americano como moneda, debido a su mayor estabilidad, su empleo como patrón en el mercado tanto nacional como internacional y dar una cotización más segura del proyecto.

6.1.1. INVERSION DE CAPITAL FIJO.

Este monto asciende a US\$ 2'000,000 del año cero (1990).

El costo neto de equipos bordea los US\$ 600,000 la información detallada de cada uno de ellos se aprecia en el cuadro N° 6.1, el costo de los demás rubros de la inversión fija se aprecia en el cuadro N° 6.2.

6.1.2. INVERSION DE CAPITAL DE TRABAJO

Este monto asciende a US\$ 120,000, en el cuadro N° 6.3, se aprecia el cálculo del capital de trabajo para el año inicial de operación.

Para efectos de todos los cálculos a realizar de los demás años se ha tomado un 4% de inflación anual para el dolar.

CUADRO N° 6.1
COSTO DE EQUIPOS
(US\$ AÑO 1991)

PURIFICACION DEL SULFATO

EQUIPO	CODIGO	COSTO
Faja	FT-101	2,000
Tolva Thenard.	TV-101	1,500
Molino de Martillos	HM-101	8,000
Faja	FT-102	2,000
Cangilón	CT-101	2,000
Tolva Thenard.	TV-102	1,000
Tanque Disolve- dor de Sulfato	TD-101	4,000
Agitador del Disolvedor	AT-101	6,000
Bomba Sol. (3)	BP-101	3,000
Filtro rot.	RF-101	14,000
Bomba Sol. (5)	BP-102	400
Tanque Pulmón Na ₂ SO ₄	TP-101	8,000
Bomba Alimentación (7)	BP-103	400
Faja	FT-103	2,000
Cangilón	CT-102	2,000
Tolva NaCl	TV-103	1,000
Cristalizador Agitador del	TC-101	5,000
Cristalizador	AT-102	6,000
Filtro Centrifujo	CF-101	16,000
Bomba Salmuera (7)	BP-104	400
Tanque Pulmón NaCl	TP-102	10,000
Bomba al Evapo- rador de NaCl	BP-105	400
Bomba Decahi- drato (12)	BP-106	400
Tolva Sulfato	TV-104	2,200
Secador Rotatorio	RD-101	30,000
Ventilador del secador	VD-101	1,300

T O T A L		126,000

RECUPERACION DE NaCl

EQUIPO	CODIGO	COSTO
Evaporador	ES-101	
De NaCl Triple	ES-102	
efecto	ES-103	45,000
Intercambiador		
de calor	HC-101	7,000
Bombas (Linea)		
21	BP-114	500
22	BP-115	500
23	BP-116	500
24	BP-117	350
19	BP-118	350
20	BP-119	350
d Vacio V3'	BV-101	600
de Vacio V2'	BV-102	600
Tanque PP. NaCl	TC-102	2,000
Tanque Reciclo	TP-104	2,000
Filtro Rot.	RF-102	13,000

	T O T A L	70,000

OBTENCION DEL NA₂S

<u>EQUIPO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>COSTO</u>
Faja	FT-104	2,000
Tolva Carbón	TV-105	2,000
Triturador de Martillos	HM-102	8,000
Molino de Martillos	HM-103	8,000
Faja	FT-105	3,000
Cangilón	CT-103	5,000
Faja	FT-106	3,000
Tolva Sulfato	TV-106	7,500
Tolva Carbón	TV-107	5,500
Faja Sulfato	FT-107	2,500
Faja Carbón	FT-108	2,500
Gusano Mezclad.	MX-101	7,500
Cangilón	CT-104	5,000
Tolva	TV-108	11,000
Dosificador al Horno	MX-102	5,000
Horno Rotatorio	RF-101	70,000
Ventilador del Horno	VD-102	2,500
1° Bomba de Petróleo	BP-107	600
2° Bomba de Petróleo	BP-108	600
Tk. de Petróleo	TP-105	2,500
Lixiviador	TD-102	5,000
Ag tador del Lixiviador	AT-103	6,000
Bomba Sol. (6)	BP-109	3,000
Filtro	PF-101	15,000
Bo b sol.(9)	BP-110	400
Tanque Pulmón NazS	TP-103	7,000
Bomba al evapo- rador NazS	BP-111	400
Ev porador de NazS doble efec.	EV-101	
	EV-102	30,000
Bomb (11)	BP-112	350
Bomba (12)	BP-113	650
de Vacío	BV-103	650
Intercambiador de calor	HC-102	7,000
Extrusora	EA-101	3,000
Tolva NazS	TV-109	1,500
Envasadora	EA-102	3,000
Equip. Trat. Agua	WT-101	9,000

T O T A L		248,000

LINEAS DE AGUA DE PROCESO

<u>EQUIPO</u>	<u>CODIGO</u>	<u>COSTO</u>
Tanque condensador	TP-106	7,000
Tanque Agua Reposición	TP-107	17,000
Tanque Petróleo Bombas	TP-108	3,500
Diluc. Na_2S	BP-120	650
Diluc. Na_2SO_4	BP-121	400
Lavad. Na_2SO_4	BP-122	400
Alimen. Caldera Recuperación	BP-123	350
Aliment. agua recuperación.	BP-124	350
Entrada a Caldera Vapor	BP-125	500
Alimen. Caldera Vapor	BP-126	500
Caldero de Recuperación	RB-101	25,000
Caldero de Vapor	SB-101	50,000

	T O T A L	106,000

TOTAL COSTO EQUIPO = 552,000
TOTAL GLOBAL = 560,000

CUADRO NO 6.2

INVERSION DE CAPITAL FIJO
(US\$ AÑO 1991)

COSTO DIRECTO

Maquinaria y Equipo*	100	560,000
Instalación y Transporte	40	220,000
Instrumentación y control (Inst)	15	82,000
Cañerías y Tuberías (Inst.)	20	110,000
Instalaciones Electricas (Inst)	10	55,000
Obras Civiles	20	110,000
Servicios (Instalado)	25	137,500
Mejoras de Terreno	5	27,500
Terreno	5	27,500

COSTO TOTAL DIRECTO 240 D=1'340,000

COSTO INDIRECTO

Ingeniería y Supervisión	25	137,500
Gastos de Construcción	10	55,000
Inspección	5	27,500

COSTO TOTAL INDIRECTO 40 I=220,000

D + I = 1'560,000

Contratista 5% (D+I)		78,000
Contingencias 15% (D+I)		234,000
Cambio de Orden	10	56,000

TOTAL CONTINGENCIAS 368,000

TOTAL INVERSION DE CAPITAL FIJO		1'928,000
EXTRAS		72,000
TOTAL INV. CAP. FIJO		2'000,000

* Puestos en Planta-Lima
& Transporte 10 hasta Arequipa

CUADRO N° 6.3
CAPITAL DE TRABAJO
(US\$/AÑO)

+ Materia Prima	30 de carga	= 30 x (20x30 + 80x5.1)	= 30,240
+ Prod. e Proceso	15 de carga	= 15 x (85x(16.2 - 3))	= 16,830
+ Prod. Terminados	30 Producto	= 30 x (245x10 + 85x3)	= 81,150
+ Cte por Cobrar	15 Producto	= 15 x (245x10 + 85x3)	= 40,575
- Ctas por Pagar	10 Carga	= 10 x (20x30 + 80x5.1)	= 10,080
- Cobros Adelantad.	15 Producto	= 15 x (245x10 + 85x3)	= 40,575

Activo	:	168,795
Pasivo	:	50,655
Capital de trabajo	:	118,140

6.2. FINANCIAMIENTO

En esta parte se describen las diferentes maneras de poder disponer de los fondos necesarios para ejecutar el proyecto.

6.2.1. ESTRUCTURA FINANCIERA.

El proyecto puede ser financiado integralmente por aportes propios, provenientes de empresas tanto estatales como privadas, siendo esto posible al conformar a la empresa como una sociedad anónima como se mencionó en la parte de organización (Anexo N° X).

Debido a la importancia que presenta este proyecto se puede esperar la participación de empresas afines a la rama minera tales como CENTROMIN PERU S.A., SIDERPERU, SOUTHERN PERU

CORPORATION S.A. entre otras, pudiendo cubrir de esta manera la totalidad de la inversión requerida.

En el caso de endeudamiento externo se ha tomado diferentes niveles de financiamiento que ascienda a un 30, 50 y 70% de la inversión total de capital fijo. El resto será cubierto por aportes propios señalados anteriormente.

6.2.2. ENDEUDAMIENTO

Para obtener un crédito se puede recurrir a la Corporación Financiera de Desarrollo (COFIDE) que se encarga de ser un nexo con algún organismo financiero internacional, como la Corporación Andina de Fomento.

En el Cuadro N° 6.4 se muestran las condiciones de los préstamos otorgados por COFIDE, en muchos casos, el monto del préstamo se recibe en artes, durante el año pre-operativo o como maquinaria y equipo proporcionado por distintos proveedores de los mismos.

CUADRO N° 6.4
SISTEMA DE ENDEUDAMIENTO

	Monto Máximo (MUS\$)	Organismo	Interés (%)	Total	Periodo de Gracia Años	Número de Años de Pago
Capital Fijo	2,000 - 3,000	Coorp. Andina de Fomento.	11.5 13.0	60 40	1 - 2 2	10 5
Capital Fijo	1,500 - 2,000	Proveedores de Maquinaria y Equipo	9.5 12.5	40 30	1 - 2 2	5 7
Cop. de Trabajo	1,000	Coorp. Andina de Fomento	9-11	70	0.5 - 1	3

FUENTE : COFIDE

6.2.3. SERVICIO DE LA DEUDA

Para efectos de evaluar el proyecto se ha escogido el sistema de amortización constante, un sólo pago anual junto con los intereses correspondientes, con un periodo de pago de 5 años representando la mitad del tiempo de vida útil del proyecto, con un interés del 12% anual, sobre el saldo de la deuda y periodo de gracia de un año.

De acuerdo a esto se elaboró el cuadro N° 6.5 donde se detalla el estado de servicios de la deuda para los valores en moneda corriente y en moneda constante, éstos últimos afectados del 4% de inflación anual acumulada.

CUADRO N. 6.5

SERVICIO DE LA DEUDA
(MUS\$/AÑO)

	1	2	3	4	5
MONEDA CORRIENTE					
	MONTO = 600.00			% FIN. = 30.0	
SALDO	480.00	360.00	240.00	120.00	0.0
AMORTIZACION	120.00	120.00	120.00	120.00	120.00
INTERES	72.00	57.60	43.20	28.80	14.40
PAGO ANUAL	192.00	177.60	163.20	148.80	134.40
MONEDA CONSTANTE					
SALDO	461.54	332.84	213.36	102.58	0.0
AMORTIZACION	115.38	110.95	106.68	102.58	98.63
INTERES	69.23	53.25	38.40	24.62	11.84
PAGO ANUAL	184.62	164.20	145.08	127.20	110.47
MONEDA CORRIENTE					
	MONTO = 1000.00			% FIN. = 50.0	
SALDO	300.00	600.00	400.00	200.00	0.0
AMORTIZACION	200.00	200.00	200.00	200.00	200.00
INTERES	120.00	96.00	72.00	48.00	24.00
PAGO ANUAL	320.00	296.00	272.00	248.00	224.00
MONEDA CONSTANTE					
SALDO	769.28	554.73	355.60	170.96	0.0
AMORTIZACION	192.31	184.91	177.80	170.96	164.39
INTERES	115.38	88.76	64.01	41.03	19.73
PAGO ANUAL	307.69	273.67	241.81	211.99	184.11
MONEDA CORRIENTE					
	MONTO = 1400.00			% FIN. = 70.0	
SALDO	1120.00	840.00	560.00	280.00	0.0
AMORTIZACION	280.00	280.00	280.00	280.00	280.00
INTERES	168.00	134.40	100.80	67.20	33.60
PAGO ANUAL	448.00	414.40	380.80	347.20	313.60
MONEDA CONSTANTE					
SALDO	1076.92	776.63	497.84	239.35	0.0
AMORTIZACION	269.23	258.88	248.92	239.35	230.14
INTERES	161.54	124.26	89.61	57.44	27.62
PAGO ANUAL	430.77	383.14	338.53	296.79	257.76

6.3. INGRESOS Y COSTOS DEL PROYECTO

Para el proyecto se ha fijado un período de operación y vida útil de 10 años, tomándose como año base a 1990, teniendo además una depreciación del tipo lineal sin valor de rescate al final del ejercicio.

6.3.1. PRESUPUESTO DE INGRESOS.

El monto de los ingresos se estiman en base a la venta del sulfuro de sodio como producto principal y de una cantidad de sulfato de sodio.

Respecto al sulfuro se puede apreciar en el Cuadro N° 6.6 el precio que tiene en el mercado actualmente, tanto el producto nacional como el importado, así también para el sulfato. En base a ello se ha fijado un precio inicial de US\$ 600 por TM de sulfuro de Na y US\$ 300 por TM de sulfato. Dicho valor será incrementado en un 5% anual para manerse por sobre la inflación de la divisa que ordea un 4% anual.

CUADRO N° 6.6

PRECIO DEL PRODUCTO *
US\$/kg.

	Na ₂ S	Na ₂ SO ₄
Nacional		
Leucos	1.15	0.75
Proyecto	0.60	0.30
Importado		
G&V asociados	1.20	0.80
Diamond Co.S.A.	1.30	0.90
Sulfoquimica	1.25	0.95

* Precio al público, no incluye el I.G.V.

En cuanto al volumen de producción se iniciará el primer año con un 60% de la capacidad instalada, para incrementar paulatinamente la misma hasta llegar a las 5,000 TM anuales el quinto año de operación, el plan de producción final se aprecia en el Cuadro N° 6.7.

6.3.2. PRESUPUESTO DE COSTOS DE PRODUCCION.

Se aprecia en el Cuadro N°6.8 de manera detallada los costos de producción para el primer año de operación.

En el Cuadro N° 6.10 se muestran los costos totales de producción estimados para el periodo de evaluación del proyecto.

CUADRO N° 6.8

COSTOS DE PRODUCCION

SECCION SULFATO

MATERIA PRIMA	CONSUMO U/AÑO	PRECIO US\$/U	PRECIO US\$/AÑO
Thenardita	15,000 TM	20	300,000
<u>COSTO VARIABLE</u>			
Servicios			
Agua	7,200 m3	0.5	3,600
Luz	400,000 KW	0.07	29,300
Vapor	14,400 TM	10.0	144,000
Reactivos			
NaCl	72 TM	90.0	6,500
TOTAL COSTO VARIABLE			183,400
<u>COSTO FIJO</u>			
Mano de Obra Directa		81,000	
Supervisión		9,000	
Mantenimiento		30,000	
Laboratorio		16,600	
Suministros		6,000	
Gastos Grales de Planta		55,000	
TOTAL COSTO FIJO			197,600
TOTAL COSTO FABRICACION DE SULFATO			681,000

Costo Unitario	US\$/TM Sulfato		84.0
Costo Variable	US\$/TM Sulfato		22.6
Gasto total	US\$/TM Sulfato		97.6

SECCION SULFURO

MATERIA PRIMA	CONSUMO U/AÑO	PRECIO US\$/U	PRECIO US\$/AÑO
Sulfato	6,600 TM	84	
Carbón	2,550 TM	80	

TOTAL MATERIA PRIMA 758,400

COSTO VARIABLE

Servicios			
Agua	3,600 m3	0.5	1,800
Luz	322,000 KW	0.07	22,800
Combustible	115,200 TM	1.0	115,200
Reactivos			
BaS	72 TM	750.0	54,000

TOTAL COSTO VARIABLE 193,800

COSTO FIJO

Mano de Obra Directa	89,100
Supervisión	52,200
Mantenimiento	30,000
Laboratorio	17,800
Suministros	6,000
Gastos Grales de Planta	90,200

TOTAL COSTO FIJO 285,300

TOTAL COSTO FABRICACION DE SULFURO 1'237,500

Costo Unitario US\$/TM Sulfuro	247.50
Costo Variable US\$/TM Sulfuro	38.72
Gasto Total US\$/TM Sulfuro	279.50

Los requerimientos de personal se han basado en estudios anteriores y criterios propios, pudiendo observar su distribución en el Cuadro N° 6.9.

6.3.3. PRESUPUESTOS DE GASTOS OPERATIVOS.

En este rubro se consideran los gastos administrativos, ventas, publicidad y expendio, asignando un 1.5% a los gastos administrativos y el 0.5% a los gastos de ventas con un total del 2% sobre el valor de las ventas brutas. El resultado se aprecia en el Cuadro N° 6.11.

CUADRO N° 6.9

PERSONAL DE PLANTA POR TURNO

	N°	TOTAL	SALARIO/PERS. US\$/MES
Gerente de producción *	1	1	750
Jefe de Planta *	1	1	650
Supervisor de Planta	1	3	500
Supervisor auxiliar *	1	1	500
Capataz	1	3	250
Operadores : P. Sulfato	6	18	200
P. Sulfuro	4	12	200
Ayudantes : P. Sulfato	2	6	150
P. Sulfuro	4	12	150
			12,850

* Sólo trabajan un turno.

6.3.4. PRESUPUESTO DE COSTOS TOTALES.

En el Cuadro N° 6.11 se describe los costos totales de producción y el costo unitario del producto, para cada año de vida útil del proyecto en los diferentes niveles de financiamiento.

Puede observarse que el costo total de producción se incrementa a lo largo del período operativo en un 5 % y también a un mayor porcentaje de financiamiento.

6.3.5. ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS.

En los cuadros del 6.12 al 6.15 se muestran los resultados de la comparación de los ingresos y costos totales de producción determinados anteriormente.

El pago del impuesto a la renta y aporte a la investigación y desarrollo del ITINTEC ha sido fijado en un 35 y 2% sobre la renta neta, además de pagar un 17% de este monto para la participación de los trabajadores, exista comunidad la o al o no.

6.3.6. PUNTO DE EQUILIBRIO

Con toda la información obtenida hasta

CUADRO N. 6.10

COSTO TOTAL DE PRODUCCION
(MUS\$/AÑO)

DE FIN. = 0.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10.
MATERIA PRIMA	302.40	370.44	444.53	525.10	612.62	643.25	675.41	709.19	744.54	781.87
COSTO VARIABLE	228.57	273.87	328.64	388.21	452.91	475.56	499.33	524.30	550.51	578.04
COSTO FIJO	487.50	511.38	537.47	564.34	592.56	622.19	653.30	685.36	720.26	756.27
COSTO DE PROD.	1018.47	1156.18	1310.64	1477.65	1658.08	1740.99	1828.04	1919.44	2015.41	2116.18
GASTO DE VENTAS	41.40	50.71	60.86	71.89	83.87	86.06	92.47	97.09	101.94	107.04
COSTO DE OPERACION	1054.07	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23

CUADRO N. 6.11

PRESUPUESTO DE COSTOS TOTALES
(MUS\$/AÑO)

DE FIN. = 0.0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
COSTO DE OPERACION	1054.87	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
INTERES DE FINANCIACION	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GASTO OPERACION	1054.87	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
DE FIN. = 30.0										
COSTO DE OPERACION	1054.87	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
INTERES DE FINANCIACION	69.23	53.25	38.40	24.62	11.84	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GASTO OPERACION	1124.10	1260.15	1409.90	1574.16	1753.79	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
DE FIN. = 50.0										
COSTO DE OPERACION	1054.87	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
INTERES DE FINANCIACION	115.38	88.76	64.01	41.03	19.73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GASTO OPERACION	1170.25	1295.66	1435.50	1590.57	1761.68	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
DE FIN. = 70.0										
COSTO DE OPERACION	1054.87	1206.90	1371.50	1549.54	1741.95	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
INTERES DE FINANCIACION	161.54	124.26	89.61	57.44	27.62	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
GASTO OPERACION	1216.40	1331.16	1461.11	1606.99	1769.57	1829.05	1920.51	2016.53	2117.36	2223.23
C. PROD. SULFATO	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.11	0.11	0.12	0.12	0.13
C. PROD. SULFURO	0.31	0.30	0.30	0.30	0.30	0.32	0.33	0.35	0.37	0.38

este punto es posible determinar el nivel de producción de equilibrio, considerando todos los rubros y aplicando la siguiente fórmula.

$$Q \text{ ventas} = C \text{ mate. prima} + C \text{ variable} + C \text{ fijo} + G \text{ administ.} + \text{Invers.} + \text{Deprec.}$$

En el Cuadro N° 6.16 se muestran los resultados para los casos con y sin financiamiento.

Se puede apreciar que el punto de equilibrio es bajo, lo que da una gran flexibilidad de operación, pudiéndose disminuir el volumen de producción y/o precio de ventas con el fin de efectuar estrategias de mercado o que debido a imprevistos se tenga que reducir el nivel de producción estimados.

6.3.7. FLUJO NETO DE FONDOS PROYECTADOS

En los cuadros del N° 6.17 al 6.20 se aprecian los distintos montos de dinero disponible para los casos con y sin financiamiento y para todo el período de vida útil.

6.3.8. BALANCE GENERAL PROYECTADO

En los Cuadros del N° 6.21 al 6.24 se aprecia la distribución del balance general

con y sin financiamiento, el valor de caja banco proviene del saldo de caja acumulado, el monto de pago de la deuda y saldo deudor se hallan en moneda corriente.

El patrimonio lo conforma el valor total de la inversión de capital fijo que proviene de aportes propios, la utilidad retenida, reserva legal y la pérdida por inflación acumulada en cada caso.

El monto de activo e intangible neto es el valor de la inversión total afectado por la depreciación anual.

Como se observa, el activo y el pasivo coinciden totalmente, lo que significa un correcto manejo de cada rubro.

6.4. EVALUACION ECONOMICA

En esta parte se determina la liquidez y rentabilidad del proyecto mediante el empleo del valor presente neto (VAN), de la tasa interna de retorno (TIR), el tiempo de retorno de la inversión y el análisis de sensibilidad.

6.4.1. VALOR PRESENTE NETO.

Este valor se define como:

$$VAN = \sum_{i=0}^N \frac{FNF_i}{(1 + COK)^i}$$

Donde

FNF_i = Flujo Neto de Fondos del año i - ésimo

N = Número total de años de operación = 10

COK = Costo total de Capital = 15%

Con los datos del FNF provenientes de los estados financieros anteriores se evalúa el VAN para cada caso. Los resultados se aprecian en el Cuadro N° 6.25 junto con el TIR.

6.4.2. TASA INTERNA DE RETORNO.

Es el valor de la tasa de corte o costo de capital, se define como:

$$VAN = \sum_{i=0}^N \frac{FNF_i}{(1 + TIR)^i} = 0$$

De esta forma se determina un valor del TIR en cada caso de financiamiento, resumiéndose los resultados en el Cuadro N° 6.25.

6. .3. PERÍODO DE RECUPERO.

Es el tiempo de recuperación de la inversión. Dicho período de tiempo se deter-

mina de la siguiente forma:

$$VAN = 0 = \sum_{i=0}^N \frac{FNF_i}{(1 + COK)^i} = CF_j$$

Donde

CF_j = Inversión de Capital fijo en el año base.

I = Periodo de Recupero

FNF_i = Flujo Neto de los Fondos del año i-ésimo

En el Cuadro N° 6.26 se aprecia el VAN acumulado para todos los niveles de financiamiento, estos se comparan con la inversión de capital fijo hasta encontrar el año en que se igualan.

En el Cuadro N° 6.27 se muestra el resultado de este cálculo indicando el periodo de recuperó para los casos con y sin financiamiento.

Como se aprecia el periodo de recuperó es menor de 5 años, lo cual hace ver el proyecto como apropiado para obtener un rendimiento a corto plazo.

6.4.4. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

Para efectuarlo se tomaron 3 puntos de comparación:

- a. Sensibilidad al Precio de Venta.- Se calcula el VAN, TIR y periodo de recuperacion para distintos precios de venta entre 400 y 700 US\$ para el sulfuro, 100 y 400 US\$ para el Sulfato.
- b. Sensibilidad al Interés.- Manteniendo el precio fijo se varían las tasas de interés del financiamiento entre el 10 y 20% en US\$.
- c. Sensibilidad al Volumen de Ventas.- Aquí se hace variar la producción, reduciéndola hasta que el proyecto se hace antieconómico.

Los resultados se muestran en los gráficos N° 6.1, 6.2 y 6.3 respectivamente.

Por todo lo expuesto anteriormente se llega a la conclusión de que el proyecto, de llevarse a cabo, tendrá la suficiente liquidez, rentabilidad y flexibilidad apropiadas, para el plan de producción y precio de venta fijado a pesar de las condiciones exigentes en las que se le ha evaluado.

CAPITULO VII

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Boletín del **Cuerpo** de Ingenieros de Minas, "Yacimientos de Thenardita en "Las Salinas" Arequipa, Lima-Perú, (1904; 1906; 1907; 1935).
- 2.- Boletín del INGEMMET, Cuadrángulos Geológicos-Arequipa INGEMMET, Lima, Perú N° 23 y 24; 1,984.
- 3.- Anuario MINERO COMERCIAL, Estadística Minera, INGEMMET, Lima-Perú, 1988/89.
- 4.- Samame B.M., PERU MINERO, 14° ed, Vol 4, 5 y 6, Lima-Perú, 1974.
- 5.- Pool A., Convención de Ingenieros de Minas, Lima 1985.
- 6.- Ferro H., Azufre, Soc. Geológ. del Perú, Lima N° 71, set 1983.
- 7.- Ve it H., Carbón, Conv. Ing. de Minas, Lima, 1985
- 8.- Rodriguez H., Minerales No-Metálicos, Soc. Geolog. del Perú, Lima N° 70, set. 1983.
- 9.- Manri e A., Carbón, PROCARBON, Lima 1988.
- 10.- Inventario de Carbón en el Perú, INGEMMET, Lima, 1983.
- 1 .- Bo et n, Soc. Geológica del Perú, Yac. de THENARD TA, Lima, Tomo 46, 1975, pag. 46.

- 12.- Inventario Nac. de Sustancias NO-Metalicos, INGEMMET; Lima, 1986. T-I, II, III.
- 13.- Depósitos Salinos, UNITED NATIONS DEVELOPMENT; ONU N.Y. USA, 1973 pg. 43.
- 14.- Yacimientos Na_2SO_4 en el Mundo, Ind. Mineral & Rocks, USA, 1975, p-1081-1093.
- 15.- Lima-Arequipa, SENHAMI, Lima, 1980-1989.
- 16.- Estadísticas Climáticas- Arequipa, Obsv. Solar de la UNSA. Arequipa, 1980-1989.
- 17.- SNI, Libro Azul, Soc. Nac. Industrias, Lima, 1990 Pg. 74-75.
- 18.- ASOQUIM, Ind. Química en Latinoamérica, Caracas-Venezuela, 1985. pg. 240-250.
- 19.- Estadísticas de Comercio Exterior, JUNAC, Lima, 1975-1989
- 20.- Estad. Comercio Exterior, ICE, Lima, 1980-1989.
- 21.- Estadísticas de Producción Industrial, Direc. Gral. Estad. y Registro, MICTI, Lima, 1980-1989.
- 22.- Parques Industriales, Situación, Dirección Gral, P. Ind. MICTI, UNA, 1987.
- 23.- Estad. Regional, CORDE-AREQUIPA, 1981.
- 24.- Recursos Energéticos, CONERG, Lima, 1988, pg. 241.
- 25.- Parque Ind. TACNA, CORDE-TACNA, 1980.
- 26.- Estadística Eléctrica, M.E.Minas, 88-90, Lima.
- 27.- TARIFAS IE LUZ, E Peruano (Set. 10, 1991).
- 28.- TARIFAS E AGIA, E Peruano (Agos. 11, 1911).

- 29.- TARIFAS TRANSPORTE TERRESTRE, M. Transp. y Comunicaciones, of. Public. 1989-1990.
- 30.- LEY GRAL. DE INDUSTRIAS 23407, 1983, T-III-IV-VI.
- 31.- HODGMAN, HANDBOOK OF CHEMISTRY, C.R.C. Ltda, 49 ed. Florida, USA, 1978.
- 32.- Robert C.W. HANDBOOK of Chem. C.R.C, 64 ed. Boca Ratón, Florida USA, 1987.
- 33.- E.I., Laboratory HANDBOOK, Dupont and Co, Wilmington USA. 1998, pg. 20-27; 499.
- 34.- Wag an, D.D. National Bureau of Standards Technical, 270 (1954), pg. 3-8.
- 35.- EVA S W.H.; Heat of Formation, U.S. Bureau of Mines, Bulletin 542-(1954) pg. 3-10.
- 36.- Petroperú, Prop. de Hidrocarb, Dpto Control de Calidad, Lima, 1989.
- 37.- NORMAS TECNICAS Na_2S , ICONTEC, Colombia, 1988.
- 38.- NO MAS TECNICAS Na_2SO_4 , Soc. Quim. y Minera de Chile, Santiago de Chile, 1989.
- 39.- Research COUNCIL, INTERNATIONAL CRITICAL TABLE, Mc. Graw Hill Co. NY. USA. 1928, T-IV, Pg. 236-248/321-322.
- 40.- PATINO A. Formas de Obtención Na_2SO_4 , UNMSM 1984, pg. 20-40.
- 41.- CYANAMID, Reactivos para Floación, C.Co Int. N.Y. 1988, pg. 35-45.
- 42 - Zeballos E.L. Tesis. "Recup. de Mo en los concentrados de Cu". UNSA Arequipa, 1973.

- 43.- Vizcarra V.F. Tesis "Planta de Na_2SO_4 , Proyecto", UNSA.-Arequipa, 1973.
- 44.- Villar D.A.L., Tesis "Obtención Na_2S como subproducto de la fabricación de sulfuro de carbono, U.N.M.S.M. 1968.
- 45.- Vadillo E., Tesis "Obtención de Na_2S como subproducto del H_2S " UNMSM, 1983.
- 46.- Palma P.W. Tesis "Obtención de Na_2S como subproducto de la fabricación de BaCO_3 a partir de la Baritina, UNMSM, 1986.
- 47.- Perez F.E.; Trujillo C.; Indust. del Na_2SO_4 de la Laguna "Las Salinas", UNI-PAIQM, 1978.
- 48.- Bouron de Tello L.A. "Estudio de Fact. para la Obtención de Na_2SO_4 y Cl_2Zn ", UNI-PAIQM, 1975.
- 49.- Villar M.F., "Instalación de un Horno Rotatorio de 10,000 TM/día", UNI-PAIQM; 1981.
- 50.- T. OKUMO, T. Masumans, & M. Fukuyama; "Preparación del Na_2S a partir del Na_2SO_4 , Tokyo, Japón, 1988.
- 51.- George A. Pierce Na_2S , US. Pat. Office, N° 2'344,104. (Agos. 1944).
- 52.- Horace Freeman, Na_2S , U.S. Pat. Office N° 1'609,615. (Set 1926).
- 53.- L. Cambi, Na_2S , Milan-Italia, N° 458,879 (April, 1948).
- 54.- ULLMAN, Enciclopedia, Téc. Química Ed. Gustavo Gil S.A. 2° ed., Barcelona, España, Tomo III, 1951.

- 55.- BLUCHER, Enc. Quím. Industrial, Ed. Tecnos. S.A.
1ª ed., Volumen 30, Madrid, España, 1958, pg.
1180-1181.
- 56.- MUSPRATT, Enc. Quím. Ind. Ed. Francisco Seix. 1ª
ed. Barcelona España, Tomo XII, 1953.
- 57.- KIRK, Enc. Quím. Ind. Ed. Hispano-Americana, 1ª
ed., México. 1963, T-3, Pg.663-669.
- 58.- THORPE, Edward, Tecnología Química, Ed. Cabot, 1ª
ed. Barcelona-España, 1923, pg. 193-196 y 207-216.
- 59.- DUDA Walter, Tecnología del Cemento, Ed. Técnicos
Asociación S.A. 3ª ed Barcelona, España, 1982,
pg.185-190 y 200-208.
- 60.- RIEGEL, Quím. Técnica, Ed. Grijalbo S.A. 1ª ed.
México D.F., pg. 170-177.
- 61.- HUNGLEIN F.A., Tecnología Química, Pergamon Press
Ltda. 1ª ed., Headington Hill Hall Oxford, England.
Pg 5 -490.
- 62.- INCKER KARL, Ind. Químicos, Ed. Gustavo Gil S.a.
Envolúmenes Gráficos Barcelona, España, 1954, T-I y II
pg 72-88.
- 63 KAUFMAN D. Sal & Brine, Chapman & Hall Ltda, 1ª ed.
London, 1960 pg. 211, 205, 224.
- 64.- Bqero F nco, Equipos para Ind. Química, Ed.
Alhambra S.A. 1ª ed. Madrid-España, 1985. Cap. 1,
pag. 1-50, cap 2 pg. 58-130.

- 65.- ROSE H.F., Ing. de Proyectos para Plantas de Proceso, CECSA, 1° ed. México 22 D.F. 1973, pg. 253-282, 552-565, 629-647.
- 66.- WILLIAM J.H. Chemical Process Equip., Reinhold Publishing Corp., 1° ed. N.Y. 1964, Pg. 361, 592-593.
- 67.- HORNOS GIRATORIOS, Metallurgical Transactions, 1983, 1982, 1978, pg. 207-220, 191-206, 201-208.
- 68.- TRINKS W.; Hornos Industriales; 1° ed.; Lima-Perú; pg. 21-262.
- 69.- ARTURO L. FLORES, Hornos Industriales, 1era Ed. 1986, Ed. Lib. San Marcos, Lima-Peru, pag. 174-179.
- 70.- WAGANOFF., N.P. Hornos Industriales, Ed. Mitre, 1° ed. Buenos Aires, Argentina, 1963, Pg. 231-232.
- 71.- GRISWOLD John; Hornos Combustion; Ed. Limusa-Willey S.A.; 2° ed.; México D.F.; 1973; pg. 145-160.
- 72.- BACKHURST J.R.; Process Plant Design. Heinemann Educational Books Ltd, 4° ed. 22 Bedford Square, London, 1981, pg. 35-36, 64-101, 256-284.
- 73.- CARL D. SHIELD, Calderas, CEPESA; 10° ed. México 22 D.F.; 1982; pg. 810-818.
- 74.- HOUGEN/WATSON, Principio de los Proc. Quím. Ed. Reverte S.A. 2° ed., Zaragoza, España, 1964. Cap. 8; pg. 255-281, cap. 9; pag. 358-371.
- 75.- CASTELLAN G., Fisicoquímica, Fondo Educativo Interamericano S.D.; 3° ed.; México 20 D.F.; 1974; Cap. 3; pg. 280-292; cap. 16; pg. 352-358.

- 76.- SMITH/VAN NESS, Termodinámica para Ing. Química, Mc. Graw Hill Co.; 3° ed. Calipso S.A.; México, cap. 4; 986; ca . 7-5, 7-6.
- 77.- WARREN Mc. Cabe. Operac. Básicas en Ing. Química, Ed. Reverte S.A. 30 ed. Barcelona; España. 1972; C p. 9; pag. 260-277.
- 78.- DONALD KERN, Transf. de Calor, CECSA, 2° ed., México 22 D.F. 1986, Pg. 945.
- 79.- ALAN FOUST, Principios de Op. Unitarias, CECSA, 15° ed. México 22 D.F.; 1983, pag. 425-430, 451-470.
- 80.- OCON/TOJO; Op. Unitarias, Ed. Reverte S.A.; 5° ed.; Madrid España; 1980; pg. 161-184; 114-123.
- 81.- PERRY/CHILTON, Manual del Ing. Químico, Mc. Graw Hill Co, 5° ed., México D.F. 1985, Cap-2.3.7.8.
- 82.- PETERS M.S.; Diseño de Plantas y su evaluación Económica, Mc. Graw Hill Co; 1° ed. Buenos Aires, Argentina; 1978; g. 422-423, 499-503; 515-528; 125-152.
- 83.- JOHN HOPEL, Chemical Process Economics, Marcel Denner Inc., 2° ed., N.Y. USA, 1975.; pg. 213, 223, 226, 227.
- 84.- ULRICH GAEL, Diseño y Economía de Procesos de Ing. Química, Ed. Interamericana, 1° ed.; México 22 D.F.; 1986; g. 29-34, 87-89, 79-80, 108-118, 320.
- 85.- Chemical Eng. Magazine, Modern Cost. Eng. Methods. n . Da a, Mc. Graw Hill Co. N.Y. USA, 1979 p-388, 3 , 315, 375, 333.

- 86.- Chem. Eng. Cost Index, By Mc. Graw Hill Co. N.Y. USA, (1969-1 91).
- 87.- CECIL CHILTON, Cos . Eng. in Process Ind., Mc. Graw Hill Co; N.Y. USA, 1960; pg. 49,69-99, 144-153, 168-174, 186 - 189.
- 88.- LUDERA L.M. "Long. de Llama", ZNG, (12), 1972; pg. 453-458.
- 89.- OLFENERUG N; "Tem . de Llama", ZNG (10), 1967, pg. 528.
- 90.- FRANKER ER; "Lon . d Llama": ZNG(8) 1967, Pg. 453-458