

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas

Programa Académico de Ingeniería Química y Manufacturera

PROYECTO PARA LA INSTALACION DE UNA
PLANTA PARA LA PRODUCCION DE
ACRILAMIDA EN EL PERU

T E S I S

para optar el título profesional de Ingeniería
Industrial

FELIX ALBERTO ESCALANTE PEREYRA

T E S I S

para optar el título profesional de Ingeniería
Química

FREDY GUILLERMO ESCALANTE PEREYRA

Promoción 1979-2

LIMA - PERU

1 9 8 2

A NUESTRO PADRE,

Que con su valioso esfuerzo
ha hecho de nosotros profesio-
sionales.

A NUESTRA MADRE,

Que con su apoyo moral y dedi-
cación plena hacia nosotros, ha
hecho posible la culminación
de nuestra carrera.

A NUESTROS HERMANOS:

OSCAR, MANUEL Y MARIA,
de quienes esperamos superación
y éxitos personales.

C O N T E N I D O

1. INTRODUCCION
2. RESUMEN Y CONCLUSIONES
3. GENERALIDADES
 - 3.1 Reseña Histórica del Producto
 - 3.2 Descripción del Producto
 - 3.3 Propiedades Físicas y Químicas del Producto
 - 3.4 Polimerización del Producto
4. ESTUDIO DE MERCADO
 - Usos y Aplicaciones del Producto
 - Localización Geográfica del Mercado y Principales Consumidores Actuales
 - 4.3 Consumidores Futuros
 - 4.4 Estudio de la Demanda
 - 4.5 Estudio de la Oferta
 - 4.6 Precio
 - 4.7 Comercialización
 - 4.8 Conclusiones al Estudio de Mercado
5. TAMAÑO Y LOCALIZACION
 - 5.1 Tamaño
 - 5.2 Localización
6. INGENIERIA DEL PROYECTO
 - 6.1 Selección del Proceso de Producción
 - 6.2 Propiedades Críticas y Físicas de las Especies
 - 6.3 Balance de Materia
 - 6.4 Sistema de Reacción
 - 6.5 Diseño de los Sistemas de Operaciones Unitarias
 - 6.6 Instrumentación y Control del Proceso
 - 6.7 Requerimientos
 - 6.8 Características Físicas del Proyecto

7. SEGURIDAD INDUSTRIAL
 - 7.1 Introducción
 - 7.2 Seguridad de Personal
 - 7.3 Seguridad de la Planta
 - 7.4 Detección de la Toxicidad Ambiental de la Acridamida

8. INVERSIONES
 - 8.1 Inversión en Activo Fijo
 - 8.2 Inversión en Activos Intangibles
 - 8.3 Inversión en Capital de Trabajo

9. FINANCIAMIENTO
 - 9.1 Fuentes de Financiamiento
 - 9.2 Análisis de las Alternativas de Financiamiento
 - 9.3 Financiamiento Propuesto y su Justificación
 - 9.4 Cronograma de pagos

10. PRESUPUESTOS DE COSTOS E INGRESOS
 - 10.1 Programa de Producción y Ventas
 - 10.2 Costo de los Requerimientos
 - 10.3 Estructura de Costos
 - 10.4 Precio de Venta
 - 10.5 Presupuesto de Ingresos
 - 10.6 Punto de Equilibrio

11. ESTADOS FINANCIEROS
 - 11.1 Estado de Pérdidas y Ganancias
 - 11.2 Flujo de Caja
 - 11.3 Estado de Fuentes y Usos de Fondos
 - 11.4 Balance General

12. Organización y Administración
 - 12.1 Estructura Orgánica y Funciones
 - 12.2 Administración General
 - 12.3 Aspecto Legal

13. ESTUDIO DE RENTABILIDAD

- 13.1 Flujos Económico y Financiero
- 13.2 Período de Recupero
- 13.3 Valor Presente Neto (VPN)
- 13.4 Tasa Interna de Retorno (TIR)

14. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

- 14.1 Análisis de Sensibilidad Afectando la Demanda
- 14.2 Análisis de Sensibilidad Afectando los Costos

A N E X O

R E F E R E N C I A S

1. INTRODUCCION

El Desarrollo Industrial de nuestro País constituye una de las cruzadas de nuestra época. Es un esfuerzo en el cual se han depositado las mayores esperanzas de solución a la pobreza, conflictos sociales, analfabetismo, etc.; es decir, el sub-desarrollo.

Un gran país se forja alcanzando un gran nivel industrial, elevando automáticamente su prestigio y valía internacional.

La economía peruana ha mostrado a partir del año 1968 un decremento muy acentuado, fruto de la crisis energética mundial en que se vive, así como a la estructura económica interna imperante. El Desarrollo Industrial cobra perspectiva tal vez, con el Pacto Andino.

Dejando de lado egoísmo y rivalidades, restringiendo al mínimo problemas sociales y laborales,

aportando mucho mayor espíritu de trabajo, y disponiendo de una acertada Administración Pública, de gran jerarquía, es que se puede marchar seguro hacia el desarrollo integral de nuestro país, a través de la industria

El presente Proyecto considera la factibilidad de instalar una Planta de Acrilamida en el Perú, monómero éste utilizable como insumo y/o intermedio químico para la obtención de una gama de productos usados en la Industria Textil, Minera, Plásticos, etc.

La ejecución de un Proyecto como el presente, constituye una posibilidad abierta al desarrollo, y una posible competencia en los mercados internacionales,

El Proyecto presenta la siguiente estructura: Generalidades, Estudio de Mercado, Tamaño y Localización, Ingeniería del Proyecto, Seguridad Industrial, Inversiones, Financiamiento, Presupuestos de Costos e Ingresos, Estados Financieros, Organización y Administración, Estudio de Rentabilidad y Análisis de Sensibilidad.

Esencialmente, el estudio consta de 7 bloques bien definidos, los cuales son:

- a. Generalidades (Capítulo 3), en el que se mencionan aspectos históricos del monómero de ACM. Además, se presentan sus propiedades físicas y químicas más importantes.
- b. Estudio de Mercado (Capítulo 4), en el que se mencionan los usos y aplicaciones del producto, y se es

tablecen los demandantes actuales y futuros. Por otro lado, se efectúa un estudio de la demanda para la determinación de la proyección de la misma, que establezca la capacidad de la planta. Además, se establece el precio del producto y su forma de comercialización.

c. Tamaño y localización (Capítulo 5), en el que se establece y justifica la capacidad instalada de producción de la planta. Por otro lado, en base a un análisis de factores locacionales, se determina la región, ciudad y la zona en la que será ubicada la planta.

d. Ingeniería del Proyecto (Capítulo 6), en el que, principalmente, se efectúa el Balance de Materia, y se desarrolla todos los cálculos de Ingeniería relacionados al diseño de los equipos. Cada uno de los equipos han sido clasificados de acuerdo a la función que desempeñan. Así, se tiene:

- Sistema de Reacción, referido principalmente a la cinética y mecanismo de reacción, clasificación y especificaciones del catalizador y diseño del Reactor.
- Sistemas de Operaciones Unitarias, que comprende operaciones de almacenamiento, mezcla, separación líquido, vapor, transferencia de calor, conducción de fluidos, manipulación y acondicionamiento de fluidos y desmineralización de agua.

También, comprende la instrumentación del proceso, señalándose los diferentes instrumentos que se

emplean en la regularización del mismo.

Por último, se presenta aspectos físicos del proyecto, referidos a la asignación de área superficial para los diferentes sectores de la Planta y una distribución del Equipo de Proceso en el Area de Proceso.

e. Seguridad Industrial (Capítulo 7), en él que se mencionan normas, procedimientos, prácticas generales - de trabajo a seguir, que garanticen la seguridad del personal que labora en la Planta, y la seguridad de la Planta misma, dada la naturaleza tóxica del producto.

f. Organización y Administración (Capítulo 12), en el que se delinea principalmente, la administración general de la planta.

g. Estudio Económico (Capítulos 8, 9, 10, 11, 12, 13 y 14), que determine la factibilidad y rentabilidad del Proyecto.

=====

2. RESUMEN, CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

2.1 R E S U M E N

Como tema de tesis se presenta el desarrollo de un proyecto de factibilidad para la instalación de una Planta para la Producción de Acrilamida en el Perú.

La creciente demanda de adhesivos y pegamentos, fibras sintéticas, plásticos, pinturas, cosméticos, etc. en los que interviene el monómero de acrilamida; así como también, debido al gran impulso que se le viene otorgando a los sectores de extracción minera y petrolera, y a otros sectores, en los que también interviene dicho monómero, señalan la importancia de la instalación de esta planta en el Perú. Más aún, si se tiene en consideración que se promovería el desarrollo de los sectores industriales afines.

obtener la seguridad del personal que labora en la planta, y la seguridad de la misma planta.

El Proyecto se traduce en una inversión total de S/. 2,093'269,000, siendo el activo fijo S/.759,608.000 (considerando que todos los equipos son fabricados en el Perú), los activos intangibles S/. 264'755,000, y el capital de trabajo S/. 1,068'906,000. El 54.62 % de la inversión será financiada a través de COFIDE. Por lo tanto, el capital social asciende a S/. 949'848,000.

El precio de venta es de S/. 1,364.58 por kilo - gramo de Acrilamida Pura.

Cabe señalar que los Estados Financieros se han realizado en soles constantes (1 dólar = \$ 670, julio-agosto).

2.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

Existe un Mercado Nacional que demanda el producto motivo del presente proyecto, y que es satisfecho - por medio de la importación. Por lo tanto, el objetivo del presente proyecto es el de captar dicho mercado con miras a incursionar en el mercado regional andino

Nuestro producto resultará competitivo, no solamente desde un punto de vista de calidad, sino también desde el punto de vista de precios, dado que será un 10 % más barato que el producto importado.

La instalación de dicha planta traería consigo no solamente un ahorro de divisas importantes, sino que además, crearía nuevos puestos de trabajo, aspec-

tos ambos encuadrados en la política gubernamental vigente.

De acuerdo al comportamiento de la demanda proyectada, se ha considerado 2 módulos de producción, ambos de igual capacidad instalada de 6,964.7 TM de solución de Acrilamida al 50 % en peso, cada uno. El primero de ellos cubrirá la demanda durante los primeros años de vida del proyecto, estimándose la implementación del segundo a partir del quinto año.

Se ha considerado el proceso de producción por vía catalítica no solamente por su mayor simplicidad y eficiencia con respecto a otras tecnologías, sino también por los menores costos fijos y de operación que representa frente a los esquemas convencionales.

El análisis realizado para determinar la localización óptima del proyecto, nos ha llegado a ubicar la planta en la ciudad de Lima, distrito de Ventanilla.

El proyecto recomienda no reparar en gastos destinados a controlar la contaminación personal y ambiental, dada la naturaleza tóxica del producto. En este sentido, se ha incluido un capítulo de seguridad industrial en donde se mencionan diferentes normas, procedimientos y prácticas generales de trabajo que deberán ser seguidos en una planta de esta naturaleza.

Los Estados Financieros demuestran que en el Proyecto, aún durante los primeros años, no existen problemas de liquidez.

El análisis de Rentabilidad arroja los siguientes resultados:

Período de Recupero	:	2.46 años
TIR Económico	:	83.97 %
TIR Financiero, antes de los impuestos	:	117.48 %
TIR Financiero, después de los impuestos	:	57.13 %

El último TIR, es 1,328.25 % mayor que el "Costo de Oportunidad" del Inversionista, el cual se ha estimado en 4 %, debido a que todas las proyecciones se realizaron en soles constantes. Por lo tanto, se confirma las bondades del proyecto y los traduce en cifras que son bastantes elocuentes.

El resultado del análisis de sensibilidad es el siguiente:

Con demanda afectada en un 35 %

TIR Económico	:	54.64 %
TIR Financiero	:	61.18 %

Con gastos afectados en un 10 %

TIR Económico	:	67.66 %
TIR Financiero	:	84.55 %

El análisis de sensibilidad muestra que el proyecto es flexible, es decir que puede soportar variaciones en los estimados de demanda o costos del orden del 10 - 35 %, sin poner en peligro la situación económico-financiera de la Empresa.

Finalmente, y resumiendo las conclusiones precedentes, concluimos en que el proyecto es rentable, es factible de llevar adelante y por lo tanto, se recomienda la ejecución del mismo.

====

3. G E N E R A L I D A D E S

3.1 RESEÑA HISTORICA DEL PRODUCTO

El monómero de Acrilamide (ACM), se elaboró primero en Alemania en 1893, siendo patentado en los EE. UU. (U.S. 2,021,763) por la Rohm & Haas Co., en 1935.

No se mostró interés en la preparación y propiedades de este monómero, hasta que el Acrilonitrilo (ACN), del cual se deriva, llegó a ser comercialmente utilizable a partir de los años cuarenta [1-p (274)] .

La American Cyanamid Co., fue la primera en ofrecer el monómero de ACM en 1952, empezando su producción a nivel industrial en 1954 [1-p (274)] ; iniciándose a partir de entonces, un intenso trabajo para su conversión en polímeros y copolímeros. Al principio, se reportaron muchas aplicaciones para éstos, mientras el uso del monómero como tal, fue esencialmente inexistente.

A partir de los años sesenta, el uso de los homo polímeros y copolímeros de ACM, así como también del monómero, mostró un crecimiento significativo, llegando a ser comercialmente importante hasta nuestros días [2-p (24)] .

3.2 DESCRIPCION DEL PRODUCTO

La Acrilamida ($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CONH}_2$), de peso molecular 71.08, es un sólido cristalino blanco, altamente soluble en agua y moderadamente soluble en algunos otros solventes comunes, tales como: metanol, etanol y acetona. Su molécula consiste de un grupo amida ($-\text{CONH}_2$) y de un grupo vinil ($\text{C}=\text{C}$), en los que se verifica las reacciones de aquella [1-p(275)]

Es térmicamente estable, tiene una presión de vapor de 0.007 mmHG a 25°C, y sublima a la temperatura ambiente, es decir que puede ser destilada y sublimada. Sin embargo, se debe tener extremo cuidado para asegurar la ausencia de impurezas puesto que la polimerización, especialmente cuando es iniciada por radicales libres, puede proceder rápidamente y con frecuencia, en forma violenta [2-p(24)] .

Entre los sinónimos de la ACM, se tienen: Propanamida (aprobado por la "International Unión Of Chemists"-I.U.C.), Amida acrílica y Acrilamid [1-p(274)] .

Producto del avance tecnológico y de la investigación científica, la ACM ha adquirido un importante rol industrial como producto químico intermedio y como monómero vinílico que sufre polimerización y copolimerización rá

vida.

3.3 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DEL PRODUCTO

3.3.1 Propiedades Físicas

3.3.1.1 Constantes Físicas del monómero

[3-p(1,2)]

Ver Cuadro 3.1

CUADRO 3.1

Constantes Físicas del Monómero

1. Apariencia.....	Sólido cristalino blanco
2. Peso molecular teórico	71.08
3. Punto de fusión	84.5 \pm 0.3°C
4. Presión de vapor	Fig. 3.1 14-p(674) .
5. Punto de ebullición ..	
	<u>presión (mmHg)</u> <u>T (°C)</u>
	2 87
	5 103
	10 116.5
	25 125
6. Densidad aparente	1.127 gr/cc (25°C) 1.123 gr/cc (30°C)
7. Humedad en equilibrio.	0.0017 lb agua/lb ACM sec. a 22.8°C y 50 % H. rel.
	Tamaño de partícula prome- dio: 45 Mesh.
8. Propiedades ópticas	
Sist. cristalino	Monoclínico o triclínico
Apar. cristalina	Delgado, tabular a laminar
Indice refracción	
Nx	1.460 (calc.)
Ny	1.550 \pm 0.003
Nz	1.581 \pm 0.003
Birefringencia	
Nz - Nx	0.121
Angulos axiales opt.	
2E	98°
2V	58°
Signo óptico	(-)

3.3.1.2 Constantes Físicas de las Soluciones Acuosas del Monómero

[15-p(3,4)]

- Presión de vapor Fig. 3.2
- Pto. ebullición normal ... Fig. 3.3
- Densidad Fig. 3.4
- Viscosidad Fig. 3.5
- Índice refracción Fig. 3.6

3.3.1.3 Solubilidad [3-p(5)]

$$\left[\frac{\text{gr ACM}}{100\text{g solv}} \right]$$

<u>S o l v e n t e</u>	<u>(30°C)</u>
Acetonitrilo	39.60
Acetona	63.10
Benceno	0.346
Cloroformo	2.66
Etilenglicolmonobutyleter. ...	31.00
1, 2 dicloroetano	1.50
Dimetil sulfóxido	124.00
Dimetil formamida	119.00
Dioxano	30.00
Tetracloruro de carbono	0.038
Etanol	86.20
Acetano de etilo	12.60
Heptano	0.0068
Metanol	155.00
Piridina	61.90
Agua [15 p(3)]	Fig.3.7

3.3.1.4 Espectro [3-p(3,4)]

- Infrarojo Fig. 3.8
- Ultravioleta Fig. 3.9
- RMN Fig. 3.10

3.3.1.5 Estabilidad [3-p(5,6)]

En comparación con otros monómeros vinílicos, la ACM tiene buena estabilidad térmica y, relativamente larga vida en desuso.

Después de 3 semanas de almacenamiento a 50°C, no se evidencia la formación de polímero, pero sí un ligero amarillamiento. Al cabo de 24 horas y a 80°C (temperatura ligeramente menor al punto de fusión), las muestras puras sólo evidencian una pequeña o ninguna formación de polímero. La ACM fundida puede polimerizar vigorosamente - con desarrollo de calor. Por ende, se recomienda no calentar cantidades mayores a unos pocos gramos de ACM sólida por encima del punto de fusión, sin tomar las debidas precauciones.

En lo que respecta a las soluciones de ACM, su estabilidad decrece a temperaturas elevadas. Así por ejemplo, para una solución de ACM al 50 %, se tiene [15-p(5)] :

<u>Temp. °C (°F)</u>	<u>Estabilidad (como monómero)</u>
50 (122)	100 días
60 (140)	11 días
80 (176)	2-3 días

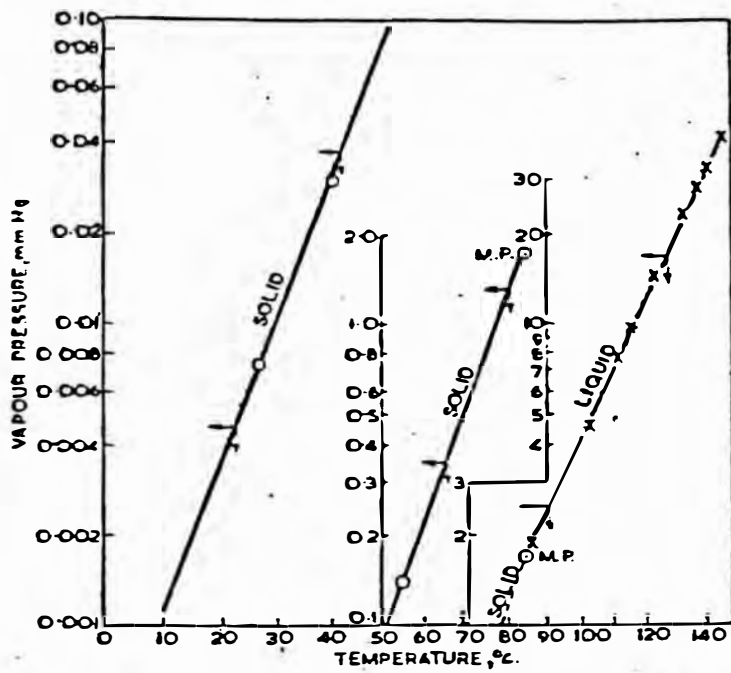


FIG. 3.1: Vapour pressure of acrylamide

J. appl. Chem., 7, December, 1957

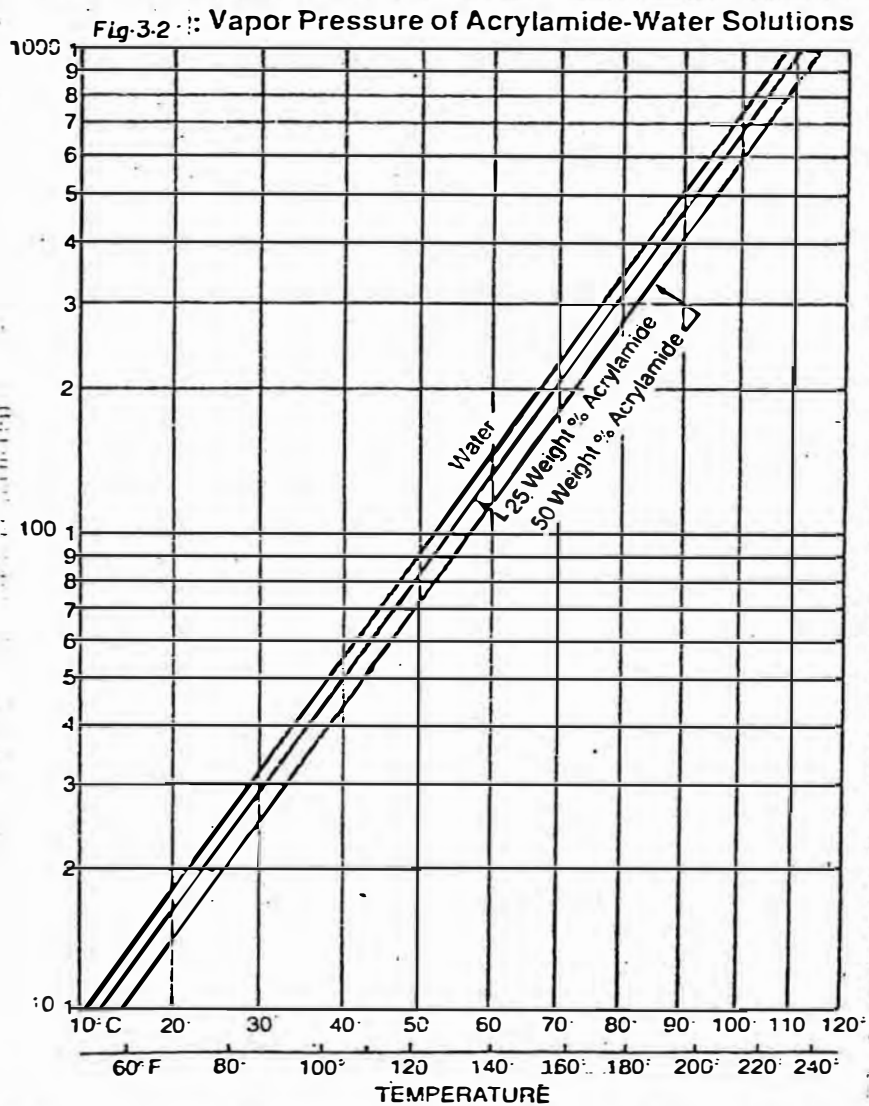


Fig. 3.2: Vapor Pressure of Acrylamide-Water Solutions

Fig.3.3 : Normal Boiling Point of Acrylamide Solutions

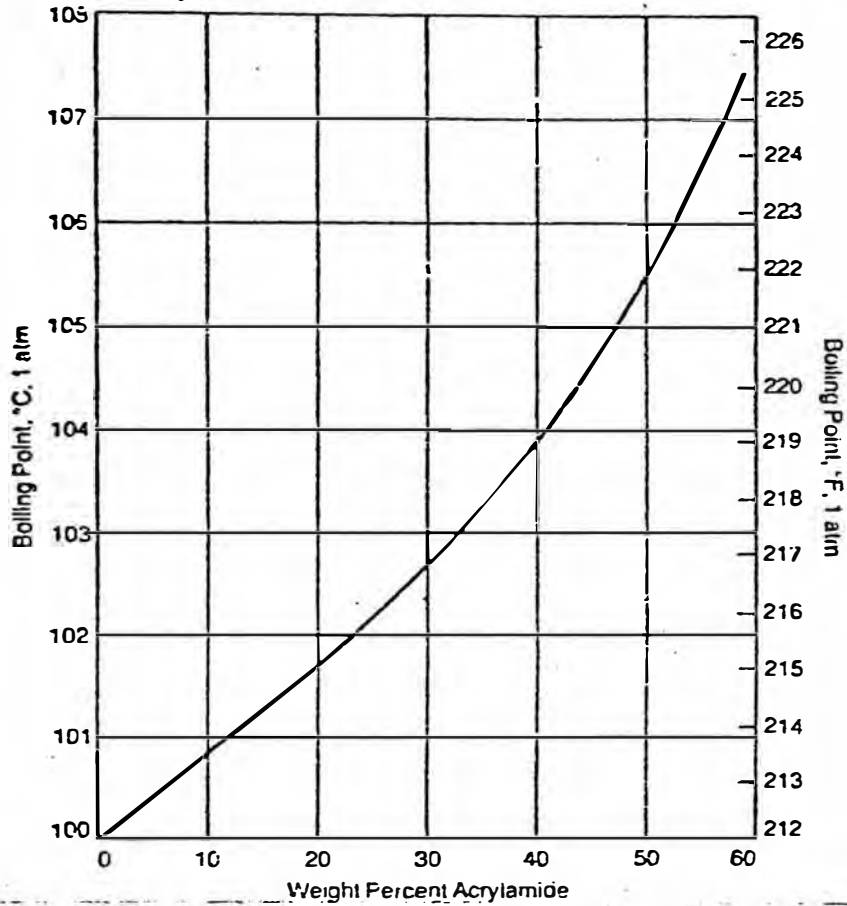


Fig.3.4 : Density of Acrylamide Solutions

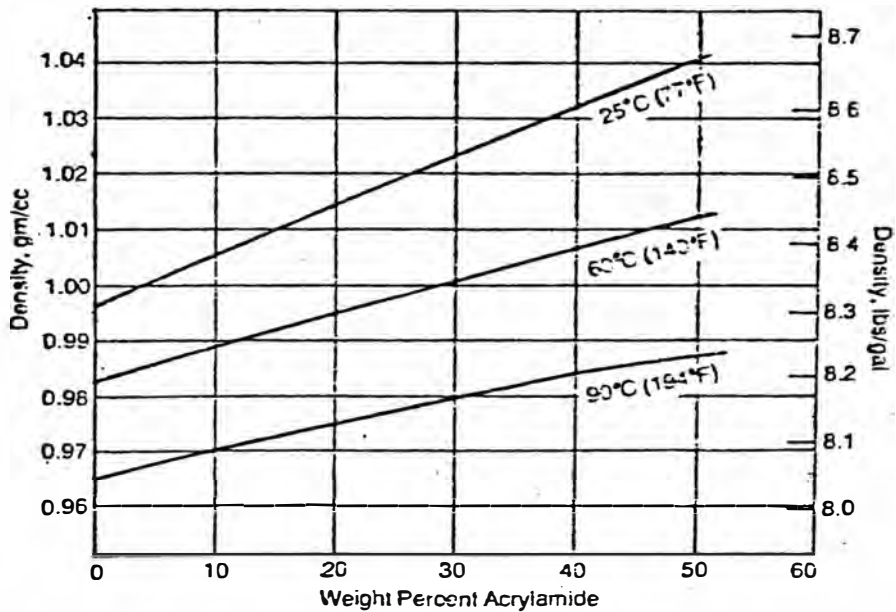
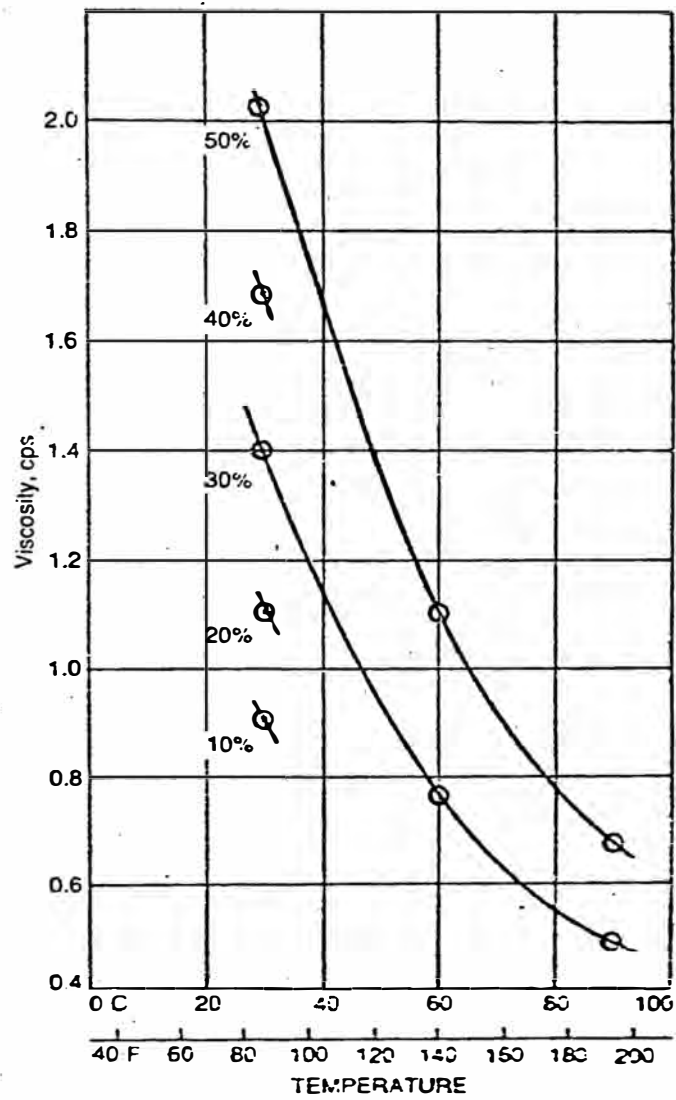


Fig.3.5: Viscosity of Acrylamide Solutions



Weight Percent Acrylamide in Water

Fig-3-6: Refractive Index of Acrylamide Solutions

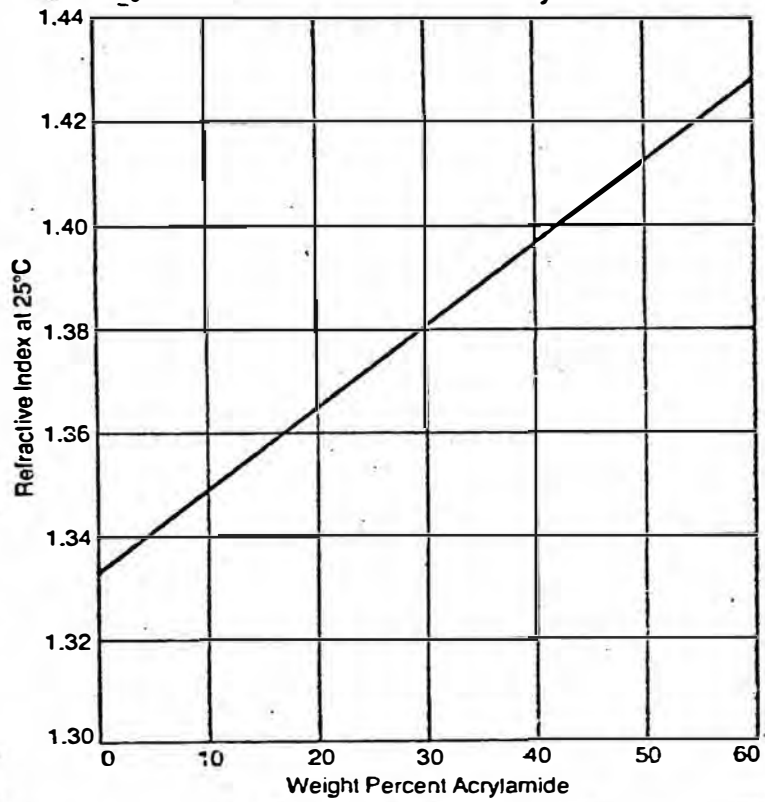
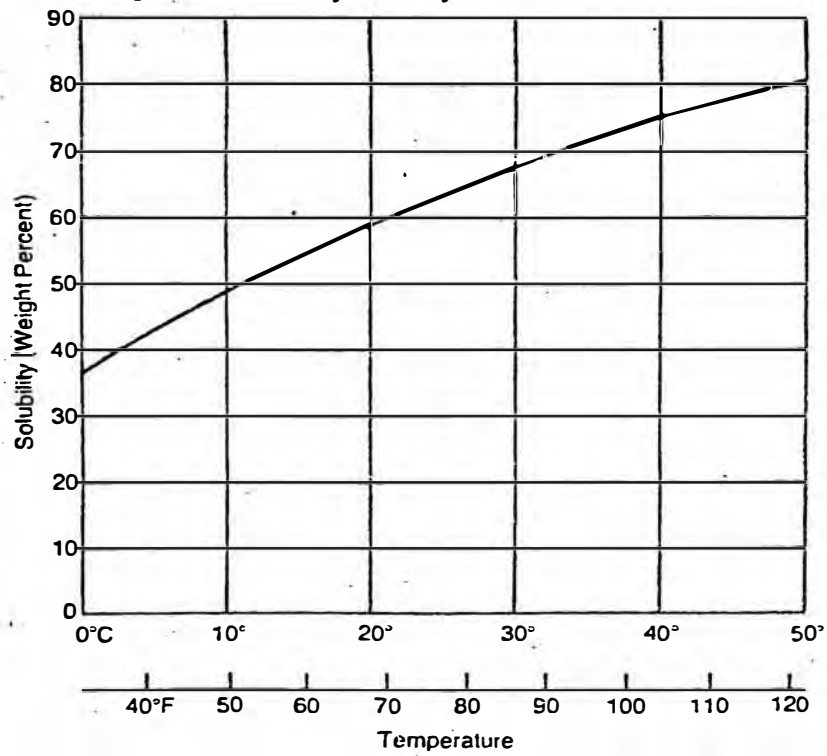


Fig-3-7: Solubility of Acrylamide in Water



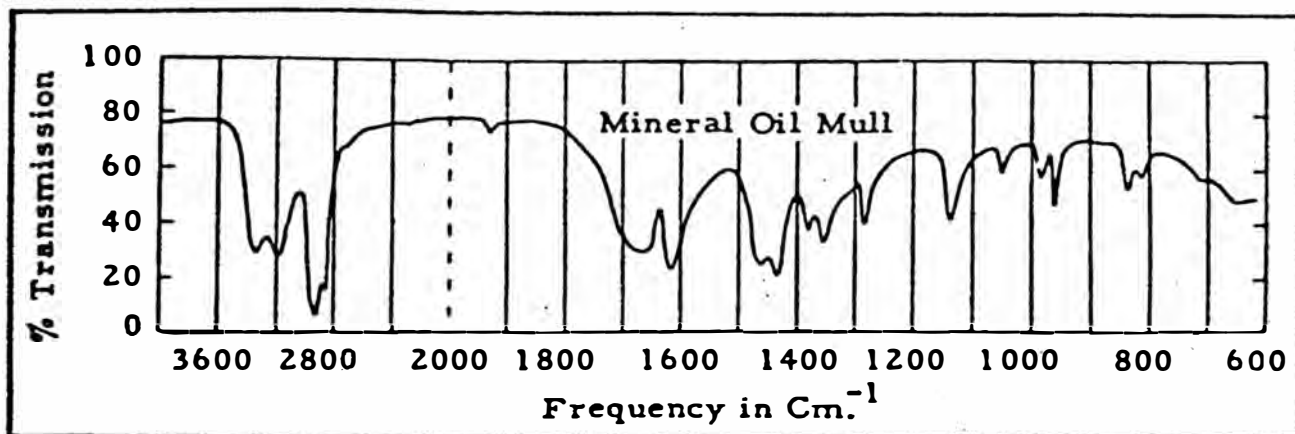


Fig.3.8.: Infrared Absorption Spectrum of Acrylamide.

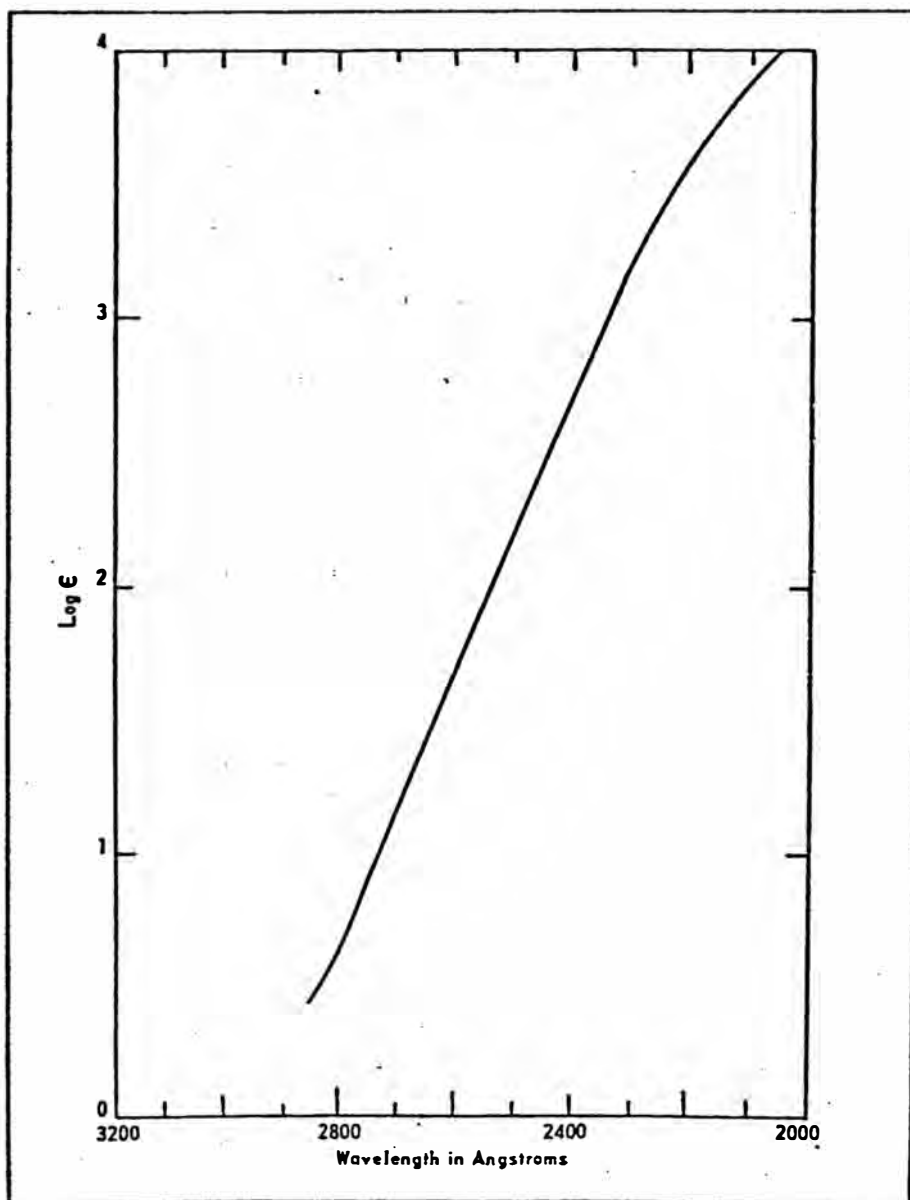


Fig.3.9.: Ultraviolet Absorption Spectrum of Acrylamide in Water.

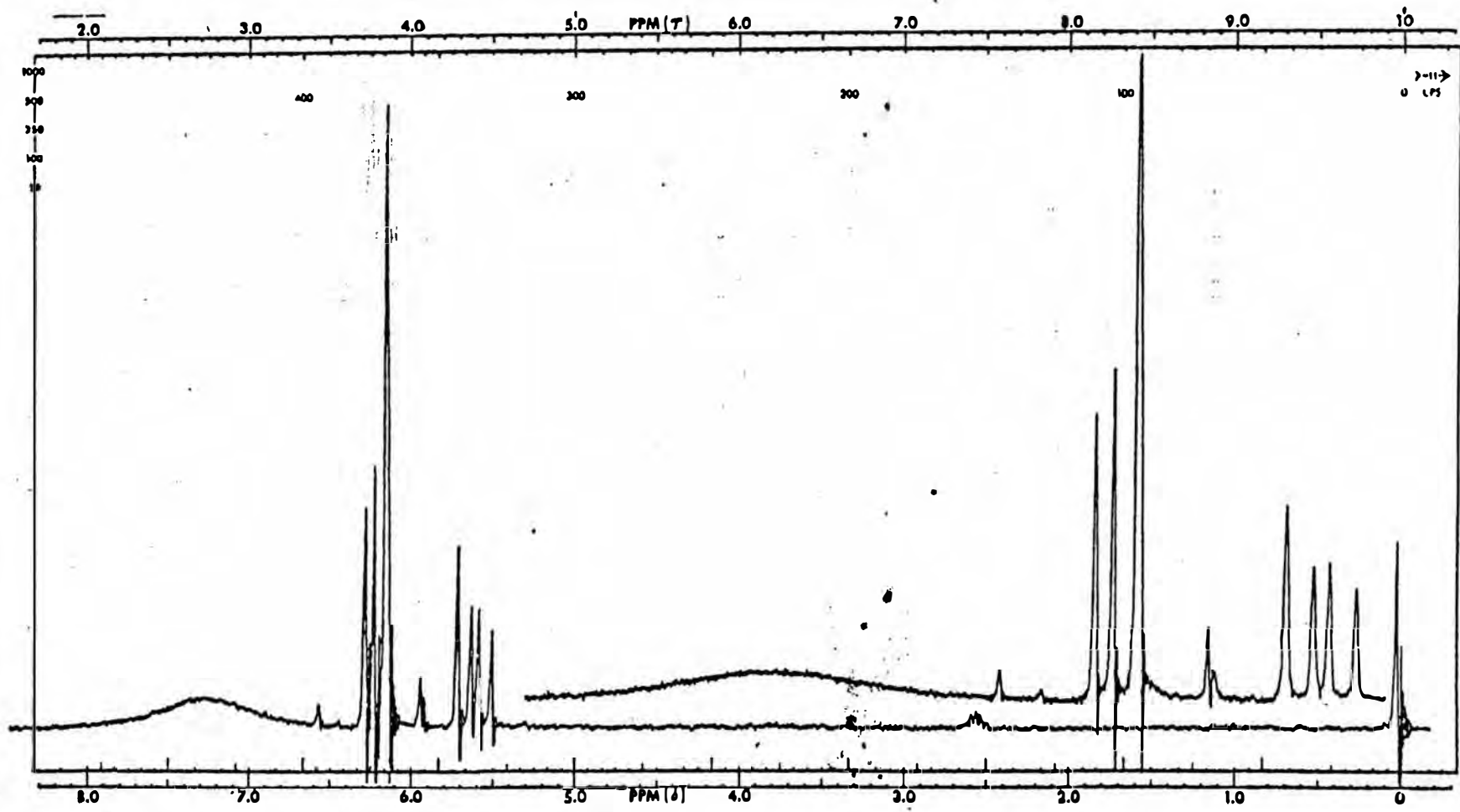


Fig.3-10: NMR Spectrum of Acrylamide
(Solvent: Dimethyl Sulfoxide - d6, 55°C).

Cuando sea necesario, las soluciones de ACM podrán ser estabilizadas incorporándoles el Cupferron - Fe(II) - (sal ferrosa del N-nitroso fenil hidroxil amina), nitrito de sodio, Hexaciano ferrato de potasio, un agente de quelación (EDTA), hidroxil anisol butilado o, el mono sulfuro de tetrametil tiourama.

Las soluciones acuosas de ACM, pueden ser estabilizadas, aún a temperaturas elevadas, por la adición de complejos cianógenos o tio-cianógenos.

3.3.2. Propiedades Químicas

Las reacciones del monómero de ACM, responden a las reacciones del grupo amida y del grupo vinil. Las más importantes corresponden a la obtención de N-metilol acrilamida, N-N'-metilen bis acrilamida, poliamidas y adipamida. Estas y algunas otras más, se tratan muy brevemente en el Anexo A-1, pudiéndose consultar la referencia citada para mayor detalle de dichas reacciones.

Asimismo, el polímero de ACM es capaz de sufrir transformaciones a través de reacciones químicas del grupo amida y del enlace C-C, reacciones que proceden convenientemente en medio acuoso. En el anexo A-2-3, se trata brevemente la modificación del polímero de ACM, pudiéndose consultar la referencia citada para mayor detalle de las reacciones tratadas.

3.4 POLIMERIZACION DE PRODUCTO

Resulta conveniente tratar brevemente, los polímeros de ACM, por cuanto, éstos justifican en parte, el mercado para la instalación de una planta para la producción de ACM en el Perú, o en cualquier otro país. Ver Anexos: A-2.1 , A-2.2

4. ESTUDIO DE MERCADO

El estudio de mercado comprende las siguientes etapas: recopilación de datos históricos, proyección y análisis de éstos datos históricos; todo lo cual, conlleva a un estudio de la oferta, precios y comercialización del bien en cuestión.

4.1 USOS Y APLICACIONES DEL PRODUCTO

La ACM es ampliamente usada en la formulación de polímeros, en los que en un componente menor pero importante: 1 % - 5 % molar. Los látex obtenidos pueden ser usados en la elaboración de recubrimientos, esmaltes, fibras sintéticas, como ligante de pigmentos, como agentes para el tratamiento textil, etc., mejorando la adhesión, estabilidad y la resistencia a los aceites y solventes. Además, la ACM puede actuar como un foco de "enmarañamien-

to" [2-p(26)] .

Por lo general, la ACM se usa como polímero, o copolimerizado con otros compuestos, ampliando su campo de aplicación: elaboración de papel y empaques plegadizos , perforación y explotación de pozos petroleros, elaboración de plásticos, como relleno químico en el tratamiento de suelos, etc.

En el Cuadro 4.1, se lista los usos y aplicaciones de la ACM en el Japón [7-p(308)] .

En el anexo B-1, se trata con algún detalle, los usos y aplicaciones de la ACM y de sus derivados, algunos de los cuales están difundidos en nuestro medio, otros están en período de prueba, y los restantes se desconocen o no han alcanzado preferencia por diversas causas ajenas a sus buenas propiedades inherentes.

CUADRO 4.1

Usos y Demanda de ACM en el Japón (1974)

U S O	Demanda (TM / año)
- Agente de reforzamiento papel	12,500
- Floculante	10,000
- Relleno químico	1,000
- Adhesivos y como agente de acabado textil	2,500
- Exportación	2,500
T O T A L	28,500

Fuente: [7-p(308)]

4.2 LOCALIZACION GEOGRAFICA DEL MERCADO Y PRINCIPALES CONSUMIDORES ACTUALES

Para el estudio de mercado de este proyecto, se ha considerado tan solo el mercado nacional.

Las ramas industriales y las empresas consideradas dentro del mercado nacional, no constituyen el alcance actual que ha logrado el bien en cuestión, en nuestro medio. Se ha tratado, indudablemente, de ser un tanto precisos en este aspecto. Sin embargo, por causas ajenas a nuestros deseos de brindar algo más actual: cuestiones de seguridad y falta de colaboración de las empresas, desconocimiento técnico, etc., hemos incursionado tan sólo, en algunos de los muchos usos y aplicaciones de la ACM y derivados, aquellos de los que se ha logrado obtener información verídica, sea directamente (en la misma empresa), o indirectamente (mediante la consulta de anuarios estadísticos, informaciones estadísticas diarias de consultoras, consulta de legajos de pólizas aduaneras, etc.)

El mercado nacional se encuentra constituido por numerosas empresas, las cuales, en su mayoría, por cuestiones demográficas, infraestructura, intercomunicación entre empresas recíprocas, etc., se distribuyen en la provincia de Lima y Callao. Las restantes, por diversas causas afines a la función que desempeñan, se sitúan tanto : al Norte como al Sur del departamento de Lima, y en la Sierra Central y del mismo departamento de Lima.

En la Tabla 4.2, se da una relación de los principales consumidores de ACM y derivados; así como también, la

CUADRO 4.2

Principales consumidores actuales y localización geográfica del mercado

C o n s u m i d o r	Ubicación Geográfica	Aplicc.
- "Aurora", Fca.de productos Químicos e Ind's.	Lima	6
- Basf Peruana S.A.	Lima	4
- Bayer Industrial S.A.	Callao	3
- Bayer Químicas Unidas	Lima	4
- CAP's azucareras	Costa Norte	7
- Centromín Peru	Sierra Central	1
- Farpasa	Lima	4
- Hierro Perú	Ica	1
- Hoescht Peruana S.A.	Lima	4
- Industrias Pacocha S.A.	Lima, Callao	5
- Industrias Vencedor S.A.	Lima	6
- Laboratorios Anakol S.A.	Lima	5
- Menil S.A.	Lima	4
- Papelera Paracas	Callao	2
- Papelera Atlas	Lima	2
- Productos Favel S.A.	Lima	5
- Química Universal S.A.	Lima	4,6
- R.O. Custer S.A.	Lima	4
- Southern Perú Copper, Co.	Moquegua, Tacna	1
- Sociedad Paramonga S.A.	Lima	2
- Sur Química S.A.	Arequipa	6

- 1 - Flocculante, en la concentración de minerales
- 2 - Insumo, en la elaboración de papel
- 3 - Insumo, en la elaboración de fibras acrílicas
- 4 - En resinas sintéticas, industria textil
- 5 - Insumo, en la elaboración de cosméticos
- 6 - En resinas sintéticas para pinturas
- 7 - Flocculante en la elaboración de azúcar

ubicación geográfica respectivas, y la aplicación dada por los demandantes a dichos productos.

4.3 CONSUMIDORES FUTUROS

Como consumidores futuros, podemos mencionar a las siguientes empresas establecidas: Petroperú y otras compañías petroleras, Planta de Tratamiento "G. Laurie S." - (Atarjeta), Foto Interamericana del Perú Ltda. (Kodak), y las empresas dedicadas a la fabricación de plásticos, plasticantes, adhesivos y pegamentos.

Asimismo, en base a lo expuesto en el acápite 4.4.1., sobre la factibilidad de usar ACM como intermedio químico y además, de acuerdo a los requerimientos para la proyección de la demanda de un intermedio químico, cabe considerar como consumidores futuros, a aquellas futuras instalaciones que también emplearán ACM para la obtención de ácido adípico y nylon 66. Los demandantes actuales de ácido adípico, son: Bayer Químicas Unidas, F \$ R. Perú S.A., e Industrias Vencedor S.A. Los demandantes actuales de bandas de nylon 66, son: Lima Caucho S.A., y Good Year del Perú.

4.4 ESTUDIO DE LA DEMANDA

4.4.1 Análisis de la Demanda

Los sectores considerados en este estudio, han sido clasificados en tres grupos.

En el primer grupo se consideran a los sec

tores que importan el monómero de ACM para emplearlo en su proceso de elaboración. Los sectores considerados, son: Fibras sintéticas (acrílicas), jabones y cosméticos; resinas sintéticas para la industria textil y de pinturas.

El segundo grupo comprende los sectores en los que la ACM, en forma no monómera, interviene como insumo. Los sectores que utilizan ACM como intermedio químico, para la obtención de otros productos. Actualmente, en nuestro medio no existen empresas establecidas que la utilicen como intermedio químico. Sin embargo, se ha considerado, para este estudio de la demanda, los requerimientos de ACM necesarios para la obtención de ácido adípico, para ser usado como tal y como una de las materias primas para la obtención de nylon 66, tal como se describe en el anexo B-1. Las razones para dicha consideración, son:

- a. El hecho de que la demanda futura de bienes intermedios depende, en parte, de posibles cambios estructurales, que se manifiesta en futuros demandantes.
- b. La factibilidad de implementar en el Perú la técnica de "Electrohidrodimerización", aunque no existan proyectos concretos al respecto.
- c. Una demanda creciente, tanto para el ácido adípico, como para el nylon 66.

Como insumo o bien intermedio que es, el estudio de la demanda de ACM requiere del conocimiento de todos los sectores industriales en los que participa actualmente en nuestro medio. También se requiere conocer los programas de producción e inversión de las empresas establecidas, que

alienten a posibles nuevas empresas a instalarse a emplear ACM y/o derivados. Lamentablemente estos requerimientos sólo se han cumplido en parte y para algunos de los sectores clasificados, de los que se ha obtenido información.

Cabe señalar, que la demanda de ACM y derivados se rá función de la demanda de los bienes en cuya producción participa o puede participar y de la proporción en que interviene en dicha producción, refiriéndonos a esto último como "factor técnico", específico para cada tipo de sector o actividad, el cual, en algunos casos, nos fue proporcionado por los mismos demandantes, y en otros, fueron obtenidos de Fuentes bibliográficas.

4.4.2 Comportamiento Histórico de la Demanda

a. Fibras Acrílicas

Como puede observarse en el Cuadro 4.3, la elaboración de fibras acrílicas constituye un mercado potencial para la ACM. En dicho cuadro se muestra cómo ha ido incrementándose el consumo de ACM en los últimos años, consumo que se incrementará significativamente debido a que la Bayer Industrial, único fabricante de fibras acrílicas en el Perú, tiene proyectado incrementar progresivamente, su capacidad de producción hasta aproximadamente 50,000 Tm/año.

La participación de ACM en la elaboración de fibras acrílicas, es de 5.3 % en peso, aproximadamente [25,26]. Utilizando este factor técnico, se ha obtenido el consumo de ACM, partiendo de la producción de fibras acrílicas.

b. Jabones y cosméticos, resinas sintéticas para la industria textil y de pinturas

El uso de ACM y metiloacrilamida, para la elaboración de jabones, cosméticos y resinas sintéticas, se inició en nuestro medio en 1976, según se muestra en el cuadro 4.4. Puede observarse en dicho cuadro que la demanda es creciente, por lo que, se deduce su gran aceptación en dichos sectores.

c. Papel y empaques plegadizos

En los cuadros 4.5 (a), (b), (c), (d), se muestran, respectivamente los consumos de papel periódico, papel de escritura e impresión sin recubrir, papel de impresión recubierto y empaques plegadizos, de los últimos 10 años. Asimismo, se muestran los consumos respectivos de ACM sólida deducidos, a partir de los datos anteriores, en base a factores técnicos correspondientes, facilitados por Sociedad Paramonga Ltda., y especificados en el cuadro B.2 del anexo B.

Cotejando los antecedentes de producción interna e importación de papel y empaques plegadizos (registrados en las estadísticas nacional del CICEPLA), con los antecedentes de consumo interno mostrados, se hacen las siguientes observaciones:

1. Las papeleras peruanas procuran, siempre cubrir tan solo la demanda interna del papel de escritura e impresión sin recubrir, y de empaques plegadizos, variando convenientemente sus ritmos de producción.

2. Sociedad Paramonga, mediante su nueva máquina "Trupall" va relevándose progresivamente a partir de 1978, la importación de papel periódico. No se conocen las intenciones futuras de dicha empresa, pero su meta primaria es la de cubrir la demanda interna, lo que conseguirá en tres o cuatro años posteriores.
3. Las papeleras peruanas poseen, desde hace varios años una capacidad estática de producción de papeles de impresión recubiertos, cubriendo sólo entre el 45 % al 85 % del consumo, según el comportamiento de dicho consumo.

d. Minería

En el cuadro 4.6, se muestra la estadística, de los últimos 10 años, de mena tratada de Cu-Pb-Zn-Ag-Mo, y de mena tratada constituida principalmente por hierro. El consumo correspondiente de poliacrilamida pura, para la obtención de los concentrados minerales a partir de dichas menas, se deduce utilizando los siguientes factores técnicos, adaptados según la información facilitada por algunas empresas mineras:

- 4.1×10^{-6} Tm PAM/TMB, para las menas de Cu-Pb-Zn-Ag, Cu-Zn-Ag, Cu-Ag, Zn-Pb, Cu-Mo, Cu-Pb-Ag, Pb-Ag, Zn-Pb, Ag
- 5.4×10^{-6} TM PAM/TMB, para las menas constituidas principalmente de fierro.

e. Azúcar

En el cuadro 4.7, muestra la producción de azúcar desarrollada en el Perú desde 1971. Como puede observarse en dicho cuadro, la producción azucarera ha ido variando, indistintamente, entre 800,000 - 1'000,000 Tm/año, variación debida especialmente a las fluctuaciones del requerimiento externo de azúcar rubia tipo exportación.

El consumo correspondiente de los floculantes tipo PAM, deducidos a partir de dicha producción azucarera, en base al factor técnico promedio 5.5×10^{-5} TM PAM/TM azúcar producida, se muestra igualmente en dicho cuadro. El factor técnico anterior ha sido elaborado a partir de los datos facilitados por CECOAP.

La magnitud relativamente pequeña de la producción azucarera, así como también, del factor técnico correspondiente, determinan el pequeño consumo de PAM y la incidencia insignificativa de las fluctuaciones de la producción. De tal manera que la demanda de ACM-base en el sector azucarero, ha sido, por muchos años, prácticamente constante y probablemente, continúa siéndolo.

f. Obtención de ácido adípico

En el cuadro 4.8, se muestra el consumo interno de ácido adípico y nylon 66. Se muestra también los requerimientos teóricos involucrados de ACM.

El factor técnico 0.974, que relaciona el consumo de ácido adípico con el requerimiento de ACM, se deduce de la relación estequiométrica correspondiente. Igual -

mente deducido, es el factor técnico 0.63, que relaciona el consumo de nylon 66 con el requerimiento de ACM.

Como puede notarse en dicho cuadro, la demanda de ácido adípico y nylon 66, y consecuentemente los requerimientos de ACM, es creciente y constituirían un mercado potencial para la ACM.

En el cuadro 4.9, aparece un resumen del consumo y requerimiento interno aparente de ACM y derivados.

CUADRO 4.3

Fibras Acrílicas

AÑO	Producción (TM)	Consumo ACM (TM) (5.3% peso de producc.)
1972	5,673	300.6
1973	7,904	418.9
1974	10,744	569.4
1975	12,218	647.5
1976	17,320	918.0
1977	17,373	920.7
1978	19,284	1022.0
1979	21,405	1134.5
1980	23,760	1259.3
1981 ⁺	26,330	1395.5

Fuente: Dirección de Estadística
del MIT

+ : Estimado

CUADRO 4.4

Jabones, cosméticos y Resinas sintética
para tejidos y pinturas

Año	Consumo de ACM y Metiol ACM(TM)
1974	-
1975	-
1976	3.50
1977	12.75
1978	18.70
1979	27.50
1980	40.00
1981	46.90

Fuente: "Vernal Consultores", partidas:
29250199 y 29270099

CUADRO 4.5

Papel y Empaques Plegadizos

		Consumo por año (TM)									
Tipo	Descrip.	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
a	papel	35,479	45716	54,880	56604	54,485	54,462	58,962	60,664	63,115	67,802
	PAM (0.1%)	35.48	45.72	54.90	56.60	54.50	54.50	58.96	60.66	63.12	67.80
b	papel	28,928	33,594	42,401	44,520	41,269	48,131	51,128	46,600	58,218	67,251
	PAM (0.05%)	14.46	16.80	21.20	22.26	20.64	24.06	25.56	23.30	29.11	33.50
c	papel	4,536	5,238	6,446	6,888	6,482	7,430	8,478	9,523	11,136	13,105
	PAM (0.05%)	2.27	2.62	3.22	3.44	3.24	3.72	4.24	4.76	5.57	6.50
d	papel	10,006	12,780	15,804	17,771	18,190	19,680	20,041	20,880	21,428	22,612
	PAM (0.10%)	10.00	12.78	15.80	17.77	18.19	19.68	20.04	20.88	21.43	22.61

Fuente: CICEPLA (Confederación Ind. de Celulosa y Papel Latinoamericano)

- a) Papel periódico
- b) Papel de escritura e impresión sin recubrir (bond, tablet, obra, etc.)
- c) Papel de impresión recubierto (couché, estucado, etc.)
- d) Empaques Plegadizos (dúplex, tríplex, cartón para estucar, etc.)

CUADRO 4.6

Minería

AÑO	Mena: Cu-Pb-Zn-Ag-Mo		Mena de Fierro	
	mena tratada (TMB)	PAM pura (4.6×10^{-6} TM PAM/TMB)	Mena tratada (TMB)	PAM pura (5.4×10^{-6} TM PAM/TMB)
1972	30'603,898	125.47	5'854,659	31.61
1973	35'436,760	145.29	5'762,326	31.12
1974	40'494,728	166.02	8'134,158	43.92
1975	37'446,697	153.53	6'447,344	34.82
1976	50'593,875	207.43	7'737,724	41.79
1977	48'440,803	198.60	10'762,363	58.11
1978	53'403,158	218.94	8'348,020	45.08
1979	56'199,795	230.41	9'903,169	53.48
1980	57'272,043	234.29	9'721,275	53.02
1981	62'636,585	256.81	10'833,333	58.50

Fuente:

Departamento de Estadística Minera del

Ministerio de Energía y Minas.

CUADRO 4.7

Azúcar

Año	Producc. azúcar (TM)	Consumo PAM (5.5×10^{-5} TM PAM/TM)
1972	911,230	50.12
1973	909,630	50.03
1974	886,612	48.76
1975	992,581	54.60
1976	963,657	53.00
1977	906,896	49.88
1978	953,348	52.43
1979	814,882	44.81
1980-81	-	-

Fuente: Oficina de estadística del MIT
Oficina de compras CECOOAP

CUADRO 4.8

Acido Adípico y Nylon 66

Año	Demanda (TM)		Requerimiento ACM (TM)	
	Ac. Adípico	Nylon 66	p/ac.adípico (0.974 demanda)	p/nylon 66 (0.63 demanda)
1972	56.30	1699.4	54.84	1070.7
1973	91.80	1885.3	89.46	1187.8
1974	118.60	1941.5	115.49	1223.2
1975	101.90	1913.5	99.27	1250.5
1976	121.30	2396.0	118.14	1509.3
1977	138.40	2196.3	134.85	1383.7
1978	141.20	1853.8	137.51	1167.9
1979	142.70	2203.0	139.03	1388.1
1980	160.70	2286.0	156.50	1440.2
1981	181.90	2324.4	177.20	1464.4

Fuente: F&R Perú, Bayer, Q.U., Direcc. Est. MIT,
Good Year del Perú, Lima Caucho SA.

CUADRO 4.9

Resumen del consumo y requerimiento interno aparente de A C M
(TM)

Año	Fibras acrílicas	Textiles Pinturas Jabones	Papel y Empaques plegadizas	Minería	Azúcar	Acido adípico	Nylón 66	Total
1972	300.6	-	62.21	157.08	50.12	54.84	1070.7	1695.55
1973	418.9	-	77.92	176.41	50.03	89.46	1187.8	2000.52
1974	569.4	-	95.12	209.94	48.76	115.49	1223.2	2261.91
1975	647.5	-	100.07	188.35	54.60	99.27	1205.5	2295.29
1976	918.0	3.48	96.57	249.22	53.00	118.14	1509.3	2947.71
1977	920.7	12.75	101.96	256.71	49.88	134.85	1383.7	2860.55
1978	1022.0	18.67	108.80	264.02	52.43	137.51	1167.9	2771.33
1979	1134.5	27.51	109.60	283.89	44.81	139.03	1388.1	3127.44
1980	1259.3	40.06	119.23	287.31	-	156.50	1440.2	3302.60
1981	1395.5	46.87	130.41	315.31	-	177.20	1464.4	3529.69

4.4.3 Proyección de la Demanda

Como ya lo hemos manifestado, la ACM funciona como insumo o bien intermedio; y por ende, los requisitos para la determinación de su demanda futura, comprenden: el conocimiento de la tasa de crecimiento de las empresas actualmente instaladas, que emplean o pueden llegar a emplear ACM; y, el conocimiento de posibles cambios estructurales conducentes a la instalación de empresas de diferente naturaleza, que también emplearán el bien en cuestión.

Con respecto a lo primero, se ha incursionado sólo en algunos de los demandantes actuales, habiendo resultado imposible obtener información técnica adecuada sobre los demás sectores, que constituyen los posibles consumidores futuros ya establecidos: compañías petroleras Kodak, fabricación de adhesivos.

Con respecto a lo segundo, se ha considerado la elaboración de ácido adípico y nylon 66 a futuras instalaciones que también emplearán ACM como intermedio químico.

El cuadro 4.11 comprende el resumen de la proyección del mercado interno de ACM PURA (ACM-99.5 % pureza) resultante del análisis que a continuación se muestra, efectuado en los sectores considerados.

Por lo general, el producto se expende en solución al 30 %, 40 %, ó 50 % en peso. En nuestro proyecto

se ha considerado una solución de ACM al 50 % para ser expendida como producto. El cuadro 4.12 comprende la proyección del mercado interno en términos de una SOLUCION ACM-50 %.

a. Fibras Acrílicas

Estudios realizados por "Consultores Andinos S.A." [34], y por la JUNAC (Junta del Acuerdo de Cartagena, en su propuesta 44 [35], sobre el crecimiento de la demanda de fibras acrílicas en los países de Grupo Andino, dan un estimado promedio de la tasa de crecimiento de dicha demanda en el Perú, del 9% anual para el período 1981-1982.

Por estar en relación directa a la obtención de fibras acrílicas, se considera, igualmente, un crecimiento anual del 9 % para la demanda de ACM en el sector de cuestión.

b. Jabones y Cosméticos, Resinas Sintéticas para la Industria Textil y de Pinturas

Por encuestas realizadas a los usuarios conocidos de este insumo, se postulan las siguientes tasas de crecimiento, por sectores de las empresas actualmente instaladas para un próximo período de 5 años mínimo:

Sector Textil	9 % anual
Sector Pinturas	10 % anual
S. Jabones y Cosméticos ..	13 % anual

A falta de información técnica correspondiente al

empleo del insumo de ACM, y además por desconocimiento de programas de expansión del insumo en dichos sectores, se asume una tasa de crecimiento promedio, resultante de las anteriores de 11.3 % anual; tasa adoptada para la determinación de la demanda futura del insumo de ACM, para el período de proyección 1983-1992.

c. Papel y Empaques plegadizos

Para la proyección de la demanda en este sector, se postula el método de Extrapolación de la tendencia histórica, en base a las observaciones detalladas en el párrafo 4.4.2 (c) Siendo la recta de regresión global, la siguiente:

$$D'_t = 66.60 + 6.10 \times t$$

donde: D'_t = proyección

t = (11 - 20), equivalente al período de proyección 1983-1992

d. Minería

El sector minero goza de un programa formal de desarrollo el cual nos permite estimar sobre una base sólida, el incremento anual que tendrá la actividad extractiva en los próximos años y, con esto obtener la demanda futura del bien en cuestión.

Del Cronograma de Inversiones de los Proyectos del Sector Minero (Cuadro 4.10), se deduce que para 1991 se tendrá una producción anual de mineral de Cu-Pb-Zn

CUADRO 4.10

Cronograma de Inversiones de los Proyectos del S. Minero

Empresa	Inicio operac	Producc actual TMB/D)	Producc futura (TMB/D)	Incremento Producc.		Tipo de Mena
				(TMB/D)	(TMB/AÑO)	
<u>CENTROMIN PERU</u>						
- Cobriza (Huancavelica)	1983	2,800	11,500	8,700	2'871,000	cobre
- Cerro de Pasco (Pasco)	1986	6,000	9,200	3,200	1'056,000	Pb-Zn-Ag
- Casapalca (Lima)	1984	2,250	3,560	1,310	432,300	Cu-Pb-Zn
- San Cristóbal (Junín)	1985	1,750	3,160	1,410	465,300	Cu-Pb-Zn
- Monterrosas (Ica)	1982	-	960	960	316,800	
- Toromocho (Junín)	1986	-	23,000	23,000	7'590,000	cobre
				38,580	12'731,400	
<u>MINERO PERU</u>						
- Cerro Verde II Fase I (Arequ)	1985	-	23,000	23,000	7'590,000	cobre
- Tintaya (Cusco)	1984	-	9,200	9,200	3'036,000	cobre
- Antamina-I (Ancash)	1984	-	11,500	11,500	3'795,000	Cu-Zn
- Antamina-II (Ancash)	1991	11,500	23,000	11,500	3'795,000	Cu-Zn
- Michiquillay (Cajamarca)	1991	-	46,000	46,000	15'180,000	Cobre
- Coroccohuayco	1982	-	2,300	2,300	759,000	Cobre
- Bambas	1985	-	6,970	6,970	2'300,000	Cobre
- Berenguela	1985	-	4,600	4,600	1'518,000	Cobre
- Quellaveco	1990	-	23,000	23,000	7'590,000	Cobre
- Cañariaco	1989	-	23,000	23,000	7'590,000	Cobre
				161,070	53'153,100	
<u>Mediana y Pequeña Minería</u>						

Se estima que la mediana y pequeña minería incrementarán su nivel de extracción en un 100 % para 1991, equivalente a una producción adicional de mineral de 7'495, (TMB/A)

Fuente: Min. Energía y Minas (Dpto. Proyectos de Expans. Minera)

de 136'016,085 TMB, equivalente a una variación por centual 1982/1991 del 117 %. Por ende, se postula una tasa de crecimiento anual del 8.06 % para el pe ríodo 1983-1992, para todo el sector minero.

e. Azúcar

Debido a los actuales problemas internos en el sec tor azucarero, no se nos ha brindado la información CONCERNIENTE a los programas de producción e inver- sión para los próximos años. Obviamente, primor dialmente se proyecta la reactivación de dicho sec- tor para eliminar la importación de azúcar que vie- ne efectuándose desde hace tres años.

En base a lo expuesto en el acápite 4.42 (e) se con sidera como demanda futura del insumo de ACM, el re querimiento más alto registrado en los pasados 10 a ños. Esto es, en cifras redondas, 55 TM de PAM por año, para el período 1983-1992.

f. Obtención de Acido adípico

En ausencia de proyectos de inversión concernientes al uso, en el Perú, de ACM como intermedio químico; y también, a falta de información por parte de los actuales consumidores de ácido adípico y nylon 66, la demanda futura de ACM para la obtención de estos últimos, se ha determinado por el método de extrapo lación de la tendencia histórica, siendo las rectas de regresión para el período 1983-1992, las siguien tes:

CUADRO 4.11

Proyección del Mercado Interno Aparente de ACM pura: ACM-99.5 %, (TM)

Año	Fibras acrílicas	Textiles Pinturas Jabones Cosméticos	Papel y Empaques plegadizos	Minería	Azúcar	Acido adípico	Nylon 66	Total
1982 ⁺	1,521.1	52.2	133.7	340.7	55	182.6	1500.6	3,785.9
1983	1,658.0	58.1	139.8	368.2	55	193.6	1536.3	4,009.0
1984	1,807.2	64.6	145.9	397.9	55	204.6	1572.0	4,247.2
1985	1,969.8	71.9	152.0	430.0	55	215.6	1607.8	4,502.1
1986	2,147.1	80.1	158.1	464.6	55	226.6	1643.5	4,775.0
1987	2,340.4	89.1	164.2	502.0	55	237.6	1679.2	5,067.5
1988	2,551.0	99.2	170.3	542.5	55	248.6	1715.0	5,381.6
1989	2,780.6	110.4	176.4	586.2	55	259.6	1750.7	5,718.9
1990	3,030.9	122.8	182.5	633.5	55	270.6	1786.4	6,082.0
1991	3,303.6	136.7	188.6	684.5	55	281.6	1822.1	6,472.4
1992	3,601.0	152.14	194.7	739.73	55	292.6	1857.9	6,893.0

+ : estimado

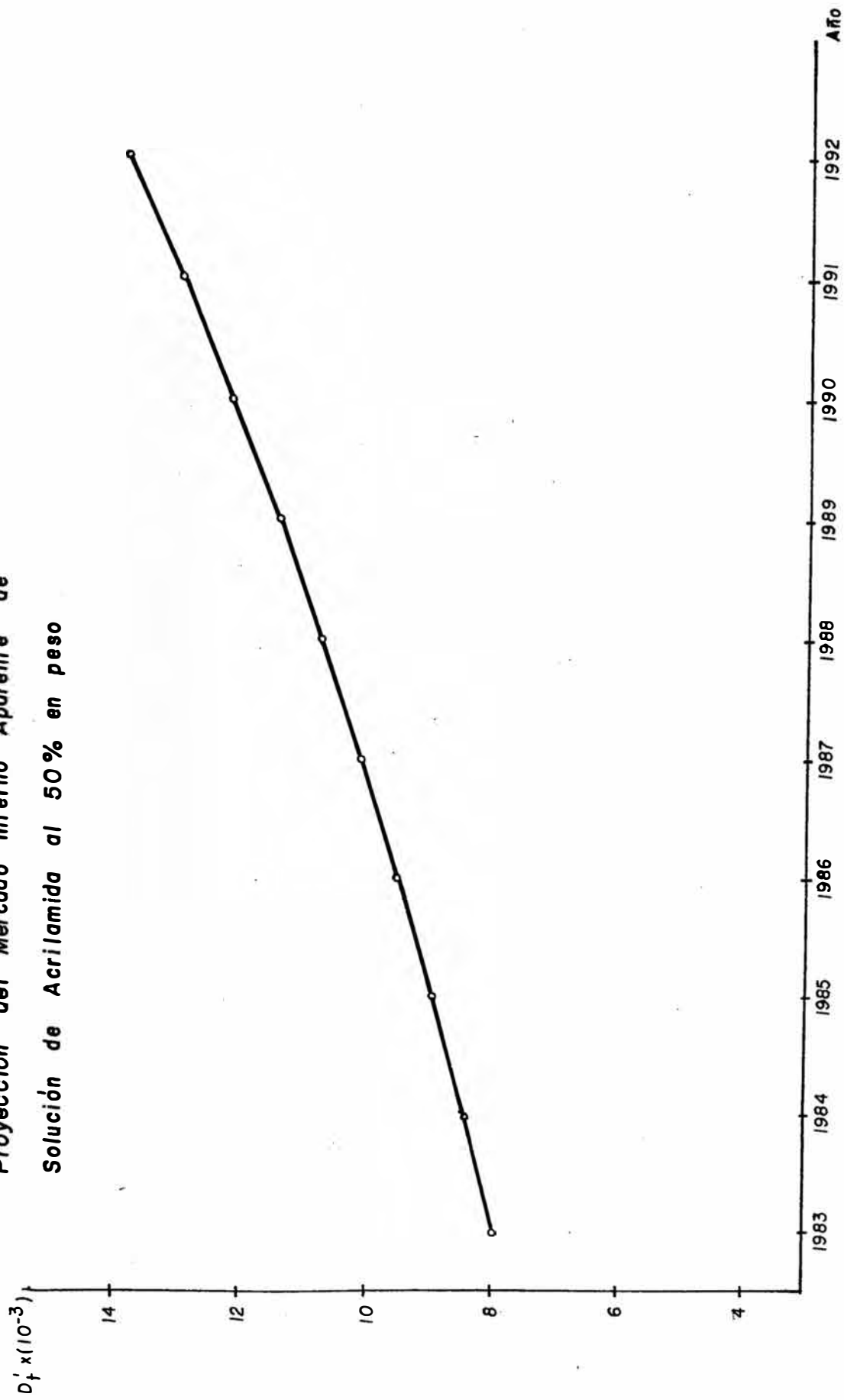
CUADRO 4.12

Proyección del Mercado Interno aparente de Solución de Acrilamida al 50 % Peso (ACM-50), (TM)

Año	Fibras Acrílicas	Textiles Pinturas Jabones Cosméticos	Papel y Empaques Plegadizos	Minería	Azúcar	Acido adípico	Nylon 66	Total
1982 ⁺	3,026.8	103.9	266.0	678.0	109.4	363.3	2,986.0	7,533.4
1983	3,299.2	115.6	278.2	732.7	109.4	385.2	3,057.0	7,977.3
1984	3,596.2	128.5	290.3	791.8	109.4	407.1	3,128.1	8,451.4
1985	3,919.8	143.0	302.5	855.6	109.4	429.0	3,199.4	8,958.7
1986	4,272.6	159.4	314.6	924.5	109.4	450.9	3,270.4	9,501.8
1987	4,657.2	177.3	326.7	999.0	109.4	472.8	3,341.4	10,083.8
1988	5,076.3	197.4	338.9	1079.5	109.4	494.7	3,412.7	10,708.9
1989	5,533.2	219.7	351.0	1166.5	109.4	516.6	3,483.7	11,380.1
1990	6,031.2	244.4	363.1	1260.6	109.4	583.5	3,554.8	12,102.0
1991	6,574.0	272.0	375.3	1362.0	109.4	560.4	3,625.8	12,878.9
1992	7,165.6	302.7	387.4	1472.0	109.4	582.2	3,697.0	13,716.3

+ : estimado

**Proyección del Mercado Interno Aparente de
Solución de Acrilamida al 50% en peso**



Indudablemente la estimación resultante es burda. Sin embargo, como alternativa la consideramos procedente; puesto que, el Perú es un país de evolución lenta.

4.5 ESTUDIO DE LA OFERTA

El estudio de la oferta del proyecto se ha realizado por sectores y/o actividades industriales, en los que interviene. Se mencionan los productos competitivos más importantes, según sea la actividad que se trate. Además, se hace un breve comentario acerca de las ventajas del uso de nuestro producto y derivados. También se hace un análisis comparativo con los otros productos competitivos.

a. Floculación

Productos competitivos:

Sales de hierro, sales de aluminio, polielectrolitos catiónicos, cal, cola, almidón, etc.

Comentario:

Uno de los principales problemas que origina el uso de floculantes, es la obstrucción de las líneas de proceso y la formación de duros "cakes" lo cual redundaría significativamente en el diseño de equipo y proceso.

El uso de floculantes de ACM, eliminan prácticamente esos problemas, debido a que brindan un tratamiento más conveniente a los coloides y suspensiones; el cual consiste en la formación de "Flocs" y su rápido asentamiento, sin que

se altere el carácter de los ólidos flocculados. Consecuentemente, mejoran las operaciones de es pesamiento, filtración y clarificación; siendo más efectivos por su polaridad, mejor adhesión y resistencia a los aceites y solventes orgánicos. Y además, por su absorción rápida e irreversible y por su elevada afinidad por la superficie sólida.

b. Papel y Empaques Plegadizos

Productos competitivos:

Gomas, almidones y proteínas.

Compuestos a base de polietilenimina (Polymin"-BASF).

Compuestos a base de poliamida y epiclorhidrina libre de formaldehído (Nädavin"-Bayer).

Hidrazina poliacrífica, resinas urea-formaldehído, etc.

Comentario:

Las gomas, almidones y las resinas a base de úrea+formaldehído, son muy usados en la industria del papel, como agentes de retención de pigmentos y rellenos. Estos tres insumos, limitan siempre el grado de modificación que se les requiere introducir; por lo cual, no siempre es posible obtener la mayoría de los aditivos deseados a partir de ellos.

Con las poliacrilamidas, se logra el mejoramiento de la eficiencia de forma de la hoja, que se

manifiesta en el mejoramiento de la consistencia en seco y en húmedo del papel y cartón, y el mejoramiento de la retención de pigmentos y rellenos sobre las fibras. También se obtiene una mayor velocidad de filtración, lo que conlleva a incrementar la producción.

c. Fibras acrílicas

Productos competitivos:

Cloruro de vinilo, vinil acetato, vinil-benceno metil-metacrilato, metilacrilato, metilmetacrilato, etc.

Comentario:

Como copolímero en las fibras de poliacrilonitrilo, la polaridad de la ACM, mejora, competitivamente, las propiedades de la fibra, particularmente en lo concerniente a la receptividad del tinte.

d. Textiles

Productos competitivos:

Almidón, dimetilol-dihidroxi-etilen - úrea reactivos N-metilol-oligoméricos, metilol melaminas metiladas, fluoralquil acrilatos, etc.

Comentario:

En los tejidos y las fibras de lana o algodón, el grado de penetración de los reactivos competitivos es superado con el uso de reactivos de ACM, o sus monómeros derivados de bajo peso mo-

lecular. Además, a través de una reacción funcional y controlada con la celulosa, es susceptible de polimerización vinílica de la ACM y la eterificación hidroxílica de la celulosa, todo lo cual conlleva al logro de la elasticidad del tejido con una consistencia superior y mejor resistencia a la abrasión, con respecto al deficiente acabado convencional.

En la urdiembre del algodón y lana, los reactivos de ACM proporcionan la propiedad de anti-encojimiento y una mejor estabilidad dimensional. Además por la modificación que le imparten a la celulosa, mejoran la estabilidad del tejido al calor y a la putrefacción.

Por otra parte, al impartir mayor polaridad al tejido y mejor adhesión de los pigmentos, resultan mejores impresiones textiles.

Con los reactivos competitivos el proceso es algo complejo, con poco entendimiento de los rasgos mecánicos críticos.

e. Relleno químico y estabilización de suelos

Productos competitivos:

Silicato de sodio, acrilato de calcio, tierra modificada, asfalto, concreto.

Comentario:

Los copolímeros de ACM compiten con los anteriores en cuanto a la resistencia a la erosión y

al perjuicio mecánico dependiendo de las condiciones del lugar y de una técnica apropiada de inyección y edificación. Se ha venido restringiendo el uso del silicato de sodio (de gran aplicación en años pasados en obras civiles), por su viscosidad relativamente elevada y por la necesidad de inyectarlo con una solución reactiva en dos etapas sucesivas. Esto no ocurre con los compuestos de ACM, que con el control de los parámetros básicos (que determinan el tiempo requerido para la polimerización) se facilita el tiempo suficiente para los aspectos físicos de su inyección en una sola etapa.

Los compuestos de ACM tienen la ventaja adicional, conjuntamente con el acrilato de calcio, de mezclarse con otros productos químicos para formar copolímeros y para variar las propiedades físicas de gel resultante. También, tienen la ventaja de no sólo llenar vacíos del subsuelo; sino que, adicionalmente, conglomeran los granos sueltos.

f. Perforación de pozos petroleros

Productos competitivos:

"WOR-CON", "K-TROL" (Halliburton Services).

Comentario:

Los derivados de ACM y sus competidores son utilizados principalmente para reducir selectivamente la "producción de agua", en la recupera -

ción primaria del petróleo y para el "control - de la movilidad del agua", en los pozos de recuperación secundaria y terciaria de petróleo. Aunque intervienen muchos factores en la selección de uno u otro, los derivados de ACM se hacen más atractivos por su mínimo efecto sobre la permeabilidad al petróleo de un medio poroso. Adicionalmente son preferidos debido a que son demulsificadores, y no son afectados por cationes multivalentes, aún a concentraciones elevadas. O sea, no son influenciados por la dureza del agua.

g. Elaboración de ácido adípico para la fabricación de nylon 66 y otros usos

Productos competitivos:

"KA OIL" (una mezcla ciclohexanol/ciclohexanona)

Comentario:

Las ventajas correspondientes al empleo del "KA OIL", son: su bajo costo de producción (a partir del ciclohexano), y su elevada pureza; lo cual conlleva a un menor costo de conversión a ácido adípico. Sin embargo, la conveniencia de su adopción en nuestro medio se ve cuestionada por tres razones:

- falta de disponibilidad del ciclohexano, El escalamiento del proceso de oxidación del ciclohexano, para obtener el "KA OIL", requiere estudios de ingeniería muy sofisticados.

- Es esencial una larga experiencia en planta - para la plena optimización del proceso de oxidación del ciclohexano.

En cambio, debido a la factibilidad de implementar en el Perú la técnica de electrohidrodimerización de ACM y del ACN, resulta promisoría la obtención de ácido adípico y nylon 66 a partir de aquellos.

h. Aglomerante, Agente espesante y Coloides protectores

Productos competitivos:

goma arábiga, almidón, dextrina, alcohol polivinílico, etc.

Comentario:

Los polímeros y copolímeros de ACM, tienen mayor aceptación que sus competidores, debido a que promueven una mejor granulación de materiales pulvulentos. Por otra parte, tienen un desempeño similar en incrementar la viscosidad del agua, soluciones acuosas o de emulsiones.

i. Adhesivos

Productos competitivos:

Adhesivos termo-oclusivos entre los que podemos citar: ésteres de polivinilo, acetales de polivinilo, glicolato de sodio y celulosa, metil celulosa, gomas, almidones, etc.

Resinas sintéticas, como: acetato de polivinilo acetales polivinílicos, butiral, etc

Cauchos naturales, regenerados, sintéticos, clorados, etc.

Comentario:

Los derivados de ACM, y los adhesivos termo-oclusivos, tienen aplicaciones y resultados similares en el empaquetado, pegado de papeles y cartones, encuadernación y preparación de cintas engomadas. Asimismo, los derivados del ACM y los cauchos, son similares en el pegado de cueros y telas.

En lo que respecta al pegado de plásticos, metales y vidrios, los adhesivos de ACM, son substitutos de las resinas sintéticas.

j. Herbicidas

Productos competitivos:

Compuestos nitrogenados, compuestos a base de etilen-bis-ditio carbamatos, compuestos a base de otros tio-compuestos orgánicos, etc.

Comentario:

Los derivados de ACM, son utilizados contra el "crabgrass digitaria adscendens" y "pigweed amaranthus ascendens" al igual que los otros productos competitivos. La diferencia radica en que los primeros no registran Fitotoxicidad en las legumbres, cereales, tabaco, etc.

k. Preservación de embutidos de pescado

Productos competitivos:

Tylosin, ácido sórbico, etc.

Comentario:

Por sí solos, éstos exhiben un menor efecto preservador, que la Furilfuramida (un derivado de ACM).

La combinación entre ellos, o con otros productos adecuados, redundan en un mayor efecto preservador, que si fuesen utilizados independientemente. Sin embargo, la experiencia organoléptica indica que el comportamiento preservador de esos compuestos, depende de muchos factores involucrados en las materias primas, y también en la preparación, localización de planta, textura de los embutidos, etc., que reducen las actividades antibacterianas de ellos.

En general, la ACM y derivados son productos de buenas propiedades, que se adecúan a las condiciones más exigentes. Aunque en algunos casos son de costo más elevado, se justifican por el beneficio y resultados obtenidos.

4.6 PRECIO

El precio de la Acrilamida en el mercado mundial es variable, debido principalmente, a la incidencia que tiene las fluctuaciones del dólar a nivel internacional. Por lo tanto, se ha considerado el precio promedio de

2.0197 \$/Kg para el monómero cristalino de ACM del 98% de pureza; siendo éste un precio FOB. Dicho precio se obtuvo en base a la información proporcionada por la - Mitsubishi Co.

Para la determinación del precio CIF se considera un porcentaje del precio FOB por concepto de gastos de flete y seguro, obteniéndose el siguiente precio - CIF:

FOB	:	\$ 2.0197 / Kg
Flete (9 % FOB)	:	0.1817
Seguro(3 % FOB)	:	0.0606
Precio CIF	:	<hr/> \$ 2.2620 / Kg

4.7 COMERCIALIZACION

La Acrilamida por ser un producto tóxico será despachada en depósitos herméticos de capacidad no menor a 20 litros, dependiendo del tipo de industria que la requiera.

Las especificaciones de dichos depósitos corresponden a recipientes de fibra con etiqueta VEN ENO, con precauciones de transporte ICC, CG, IATA.

El envasado de los depósitos para el despacho, se realizará sobre pedido directo y la comercialización de los mismos será efectuada por el Departamento de Ventas. Es decir que, el Canal de Distribución a emplear, será el directo del productor, al consumidor.

428 CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE MERCADO

1. El mercado del producto se encuentra distri buído en todo el Perú; principalmente, a lo largo de - toda la costa y sierra central. En un futuro cercano, muy promisorio debido al apoyo que está dando el gobier no a la exploración petrolera en la Selva, ésta se con vertirá en un mercado importante para el producto.

2. En lo que respecta a la competencia nacional ésta no existe debido a que el producto es importado. - En cuanto al producto extranjero, dicha aceptación es- tá sujeta a las variaciones en la política arancelaria imperante.

3. Nuestro producto está dirigido a satisfacer los requerimientos nacionales. Sin embargo, debido a que a nivel andino no existe una industria similar, es factible la captación de dicho mercado.

4. En el estudio de mercado se han considerado los rubros "Fabricación de Acido Adípico", y "Fabrica- ción de Nylon 66", los cuales han sido tomados en cuen- ta como futuros consumidores de ACM.

Respecto a los otros rubros, las estimaciones siempre han sido reservadas, por lo que, el resultado de los mismos, es altamente confiable.

5. Tanto el mercado actual como el futuro a cap tar, justifica la implantación de una planta para la fa bricación de Acrilamida en el Perú.

5. TAMAÑO Y LOCALIZACION

5.1 TAMAÑO

Por tamaño de un proyecto se suele aludir a su capacidad de producción, durante un período normal de funcionamiento.

De acuerdo a las características técnicas de - nuestro proyecto, el proceso de producción es continuo. Por lo tanto, el período normal de funcionamiento será de 24 horas/día para un año de 8000 horas, parando únicamente durante el período de mantenimiento de la planta.

En lo que respecta a la capacidad total de la planta, ésta ha sido diseñada para producir 7000 (TM ACM-99.5 % /año), de acuerdo a la proyección del mercado interno aparente, mostrada en el cuadro 4.11.

Según la evolución que muestra la demanda proyectada, se ha convenido en la implementación de dos módulos de producción, de 3500 (TM ACM-99.5 \$/ año) cada uno. El primer módulo cubrirá, como mínimo, el 65 % - de la demanda proyectada; siendo recomendable, a par - tir del quinto año de vida de la planta, la implementa ción del segundo módulo. Inicialmente, ambos módulos en funcionamiento, permitirán una capacidad de planta del 70 %, la cual irá aumentando hasta la finalización de la vida útil del proyecto.

5.1.1 Alternativas de Tamaño

Desde que nuestro proyecto consiste de un proceso químico continuo, su capacidad de producción vendrá dada por el tamaño del equipo de proceso, dise ñado en base a la demanda proyectada. Consecuentemen - te, no tenemos alternativa de tamaño que decidir y, por ende, tampoco es necesario analizar las diferentes rela ciones que intervienen en dicha decisión, cuales son: tamaño-mercado, tamaño-inversión, mercado-inversión, y tamaño-costos unitarios.

Lo que sí tendremos que analizar son las diferen tes técnicas de producción, tratadas en el párrafo 6.1

5.1.2 Capacidad instalada propuesta y su Justificación

No es conveniente producir una cantidad mayor que la demanda del producto, debido a que queda ría un excedente que no es recomendable, dado que el

proceso de producción es continuo. En base a esto se justifica la capacidad de planta propuesta, mediante dos módulos de producción (ver acápite 5.1).

5.2 LOCALIZACION

Al analizar las "Fuerzas Locacionales", para una localización adecuada de la unidad productiva, se tiene que tener en cuenta, en este caso, que por ser una inversión de carácter privado, el objetivo está dirigido hacia la obtención de la máxima tasa de ganancia.

Muchas veces el sistema de producción depende de la localización, ya que los factores resultantes ejercen una notable influencia sobre la disposición de equipos; y además, influyen notablemente en el costo del producto. La cercanía al mercado y la rapidez con que se puede llegar serán variables de gran influencia para la ubicación de la planta.

En resumen el objeto de la ubicación precisa de la planta, es buscar la más capaz de entregar el producto al usuario, a un costo igual o menor que el de la competencia, tratando de obtener a la vez, un máximo de utilidad.

En la evaluación de factores, se tratará de emplear la mayor cantidad de "factores objetivos locales". La técnica que emplearemos para evaluar la localización, será la de "Ponderación de Factores".

5.2.1 Factores determinantes y Métodos de Ponderación de Factores

Los factores básicos que gobiernan corrientemente la ubicación de una planta, son:

- Disponibilidad de materias primas
- Mano de obra
- Terrenos disponibles
- Combustible Industrial
- Facilidades de transporte
- Mercado
- Facilidades de distribución
- Energía
- Agua
- Condiciones de vida
- Leyes y reglamentos
- Tributaciones
- Clima

En lo que respecta al método de "ponderación de factores" a cada factor o sub-factor, se le asigna un puntaje de acuerdo a la importancia que le corresponde en la localidad considerada. Esta técnica, emplea un sistema de evaluación subjetivo. Por lo general, en ella se involucran factores que no pueden ser evaluados en base a un análisis económico, como clima, mercados, calidad de la mano de obra, etc.

Para obtener la mejor alternativa de localización, se suman los puntajes parciales, escogiéndose aquella localización que haya alcanzado el más alto pun

taje comparativo.

La localización, aparte de determinar numerosos factores físicos, involucrados en el diseño general de la planta, determina los costos de inversión, así como muchos costos de operación.

5.2.2 Aspectos generales sobre la evaluación de la localización

La evaluación se efectuará por el empleo del método del "Ranking de Factores", aplicable a los factores más significativos de la industria química, procediéndose de la siguiente manera:

1. Determinar en cuál de las tres regiones geográficas del Perú, deberá estar localizada la planta.
2. En qué ciudad de la región elegida, estará localizada la planta.
3. Por último, se fijará la zona o distrito que reúna las mejores condiciones para la localización de la planta.

5.2.3 Consideraciones de localización por regiones

Con respecto a la materia prima ACN, tendrá que ser importado de países, tales como: EE. UU., Alemania, Japón, refiriéndose la importación desde Estados Unidos por el menor costo del transporte, y por una mejor disponibilidad. Sin embargo, existe la posibilidad de que el Perú, mediante la consolidación del

"proyecto del Complejo Petroquímico Integrado de Bayovar", produzca ACN; con lo cual, se suprimiría la importación de dicho insumo, redundando en beneficio de nuestro proyecto.

El mercado es otro factor determinante en la ubicación de la planta. Los consumidores más significativos, así como también el mayor número de ellos, se encuentran distribuidos a lo largo de toda la costa. Sin embargo cabe señalar que en un futuro próximo, con el desarrollo de la explotación petrolera en la selva peruana, las empresas correspondientes captarán un porcentaje significativo de la producción futura de ACM.

En caso de no escogerse adecuadamente la localización de la planta, el transporte de insumos y la distribución del producto final, incidirían desfavorablemente en el precio del producto, y por ende, en la aceptación del mercado.

La interrelación más adecuada de los tres factores antes mencionados determina que, siendo la costa el mercado de mayor importancia, e instalando la planta en dicha región, se logra una menor manipulación de la materia prima recepcionada, y también una mejor y mayor facilidad de distribución del producto final. Además, se prioriza la costa, porque existe un mejor suministro de energía y combustible, mayor disponibilidad de personal capacitado, adecuado suministro de agua, etc. Como conclusión a las consideraciones anteriores, se hace innecesario desarrollar el método del

"ranking" entre las regiones.

Las localización se efectuará en la costa.

Para determinar en qué ciudad de dicha región - se localizará la planta, se han evaluado las siguientes cuatro ciudades: Piura, Trujillo, Lima, Arequipa.

5.2.4 Consideraciones de localización por Ciudades

El mercado en Lima, es más significativo, y más variado, que en el resto de las ciudades costeras.

- Los salarios son mayores en Lima.
- En Lima, existe mayor disponibilidad de mano de obra.
- A Lima le corresponde una ubicación estratégica central, pudiéndose distribuirse fácilmente el producto al resto del país
- Lima ofrece variedad y disponibilidad de medios de transporte
- Los trámites administrativos se encuentran centralizados en la ciudad de Lima.
- Los parques industriales de Piura, Trujillo y Arequipa, ofrecen mayores incentivos tributarios que los de Lima.

Ubicando la planta en Piura, Trujillo o Arequipa, se incentivaría la creación de nuevas industrias afines; y además, se promovería el desarrollo de otras ya existentes.

- Todas las ciudades consideradas ofrecen disponibilidad de puertos, donde será recepcionada la materia prima. Es similar el transporte de ella en Lima, Trujillo y Piura. En Arequipa, el flete de transporte del puerto a la planta, sería mayor.
- La materia prima y el producto, tienden a polimerizarse por efecto del calor y el tiempo de exposición, requiriéndose partidas especiales en sistemas de acondicionamiento.
- Una acentuada humedad en el ambiente, obliga a disponer de medios de protección, para evitar deterioro en el equipo.

Empleamos un puntaje de 0 - 10 para afectar el porcentaje que se le asigna a cada factor.

En el cuadro 5.1, se muestra el desarrollo del método del "ranking".

Observando los totales en dicho cuadro, vemos que Lima posee la más alta ponderación. Por lo tanto, la planta se ubicará en dicha ciudad, quedando Trujillo como segunda opción.

5.2.5 Consideraciones de localización por zonas

Para la evaluación de la localización por zonas, se han escogido aquellas que presentan actualmente, expansión industrial: Ate-Vitarte, Ventanilla y Zárate.

Se emplearán los mismos lineamientos generales, utilizados en la evaluación anterior.

En el cuadro 5.2, se muestra el desarrollo del método del "ranking", resultando que Ventanilla posee la más alta ponderación.

CUADRO 5.1

Ranking de factores en la evaluación de la localización por ciudades

Factor	%	C i u d a d			
		Piura	Truji llo	Lima	Arequi pa
1. Mercado					
a. demanda-distanc	5	30	40	50	40
b. facilidad de dis tribución	18	108	126	180	108
c. fluctuaciones del mercado	10	80	80	80	70
d. competencia hoy y futura	<u>3</u>	<u>-18</u>	<u>-24</u>	<u>-24</u>	<u>-18</u>
	36	236	270	334	236
2. Materia Prima					
a. facilidad de transporte	4	40	40	40	40
b. costo transp.	<u>6</u>	<u>-60</u>	<u>-60</u>	<u>-42</u>	<u>-48</u>
	10	100	100	82	88
3. Energía y Combust.					
a. disponibilidad	5	30	30	40	35
b. costos generals	<u>2</u>	<u>12</u>	<u>12</u>	<u>-14</u>	<u>-14</u>
	7	42	42	54	49

CUADRO 5.1
(Continuación)

Factor	%	C i u d a d			
		Piura	Truji llo	Lima	Arequi pa
4. <u>Mano de Obra</u>					
a. disponibilid.	3	18	18	24	21
b. salarios	6	54	54	36	48
c. relaciones obrero-patrón	<u>1</u> 10	<u>9</u> 81	<u>8</u> 80	<u>7</u> 67	<u>7</u> 76
5. <u>Tributaciones</u>					
a. incentivos tri- butarios	5	50	50	25	45
b. impuestos	<u>2</u> 7	<u>20</u> 70	<u>20</u> 70	<u>8</u> 33	<u>18</u> 63
6. <u>Características del lugar</u>					
a. alteración físi- ca de insumos y producto	10	50	80	90	90
b. interrelación con otras in- dustrias	13	104	117	130	117
c. costo terreno	5	50	50	25	45
d. servicios socia- les	<u>2</u> 30	<u>16</u> 220	<u>16</u> 263	<u>20</u> 265	<u>18</u> 270
T O T A L	100	749	825	835	782

CUADRO 5.2

Ranking de factores en la evaluación de la
localización por zonas

Factor	%	Z o n a		
		Vitar te	Ventani lla	Zárra- te
1. Mercado				
a. demanda-distancia	5	45	40	40
b. facilidad de dis- tribución	18	126	126	126
c. fluctuaciones del mercado	10	60	60	60
d. competencia pre - sente y futura	<u>3</u>	<u>18</u>	<u>15</u>	<u>21</u>
	36	249	241	247
2. Materia Prima				
a. facilidad de transporte	4	24	24	24
b. costo del trans- porte	<u>6</u>	<u>54</u>	<u>60</u>	<u>42</u>
	10	78	84	66
3. Energía y combust.				
a. disponibilidad	5	45	40	30
b. costos generales	<u>2</u>	<u>10</u>	<u>12</u>	<u>10</u>
	7	55	52	40

CUADRO 5.2
(Continuación)

Factor	%	Z o n a		
		Vitar te	Ventani lla	Zárra- te
4. <u>Mano de Obra</u>				
a. disponibilidad	3	24	21	24
b. salarios	6	48	48	48
c. relaciones obrero patronales	<u>1</u>	<u>7</u>	<u>9</u>	<u>9</u>
	10	79	78	81
5. <u>Tributaciones</u>				
a. incentivos tribu- tarios	5	35	35	35
b. funcionamiento y otros	<u>2</u>	<u>10</u>	<u>20</u>	<u>16</u>
	7	45	55	51
6. <u>Características del lugar</u>				
a. alteración de la identidad de insu- mos y productos	10	50	60	50
b. interrelación con otras industrias	13	104	117	78
c. costo del terreno	5	25	50	45
d. servicios sociales	<u>2</u>	<u>20</u>	<u>14</u>	<u>14</u>
	30	199	241	187
T O T A L	100	705	751	672

5.2.6 Comentario sobre la localización propuesta

Respecto a la localización por ciudades, los sub-factores más significativos del factor mercado, son: facilidades de distribución, y fluctuaciones del mercado.

El primero de ambos, referido a medios de distribución, vías de comunicación y distancia de la alternativa de localización a los diferentes centros de consumo.

El segundo, referido a las variaciones de la demanda, por efecto del desarrollo y expansión de otras industrias afines.

Del factor 'características del lugar' sobresalen dos sub-factores: alteración física de insumos y productos, e interrelación con otras industrias.

El primero de ellos, referido a una posible polimerización de la ACM y/o del ACN, por efecto del calor relativamente intenso en algunas zonas costeras.

El segundo referido al incentivo de desarrollo que puede significar nuestro proyecto, para otras industrias.

Respecto a la localización por zonas, los conceptos aplicados, son los mismos.

El resultado del análisis de los factores locacionales, ubican la planta en la ciudad de Lima, en el distrito de Ventanilla.

Los valores empleados para los diferentes

factores de balanceo son arbitrarios. Sin embargo, indican la influencia relativa que ejercen en la ubicación de la planta.

6. INGENIERIA DEL PROYECTO

6.1 SELECCION DEL PROCESO DE PRODUCCION

Descubierto un vasto campo de aplicaciones de los derivados de ACM, éste se constituyó a partir de la década del cincuenta en un importante intermedio químico. Pero, a despecho del suceso, los procesos desarrollados por aquellos años, para la producción del monómero, presentaban muchos y serios problemas. Hasta antes de 1968, todos los procesos de manufactura del monómero de ACM, eran complejos. Estudios realizados posteriormente, permitieron desarrollar métodos más sencillos y poco costosos, como lo son hoy en día, los procedimientos catalíticos.

6.1.1 Procesos para la manufactura

La "Hidrólisis de ACN", en presencia de ácido sulfúrico, la "Exclusión Iónica", y la "Vía Catalítica", son los procesos más importantes en la obtención

del monómero de ACM.

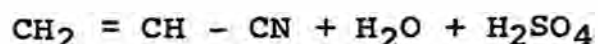
Otras muchas formas de obtención pueden encontrarse en la referencia [14-p(671-673)] .

A continuación, se hace un breve comentario acerca de los procesos anteriores [1,7,36].

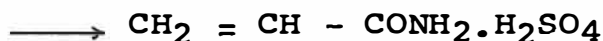
6.1.1.1 Hidrólisis de ACN en presencia de ácido sulfúrico

Una mezcla equimolar de agua, ácido sulfúrico concentrado y CN, se calienta entre 90° -100°C, por espacio de una hora, transcurriendo la hidrólisis del ACN para producir el sulfato de ACM, en alta proporción. Esta hidrólisis, relativamente fácil, se lleva a cabo en presencia de inhibidores de polimerización (sales de cobre, sales de hierro, sulfuros, etc.) ya que el ACN y la ACM, son fácilmente polimerizables. El calor de reacción desprendido, es:

$$\Delta H_r = -31 \text{ Kcal/mol}$$



(ACN)



(sulfato de ACM)

Un tiempo de residencia excesivo, y temperaturas de reacción elevadas, incrementan las reacciones laterales, especialmente la de polimerización y la del ácido acrílico.

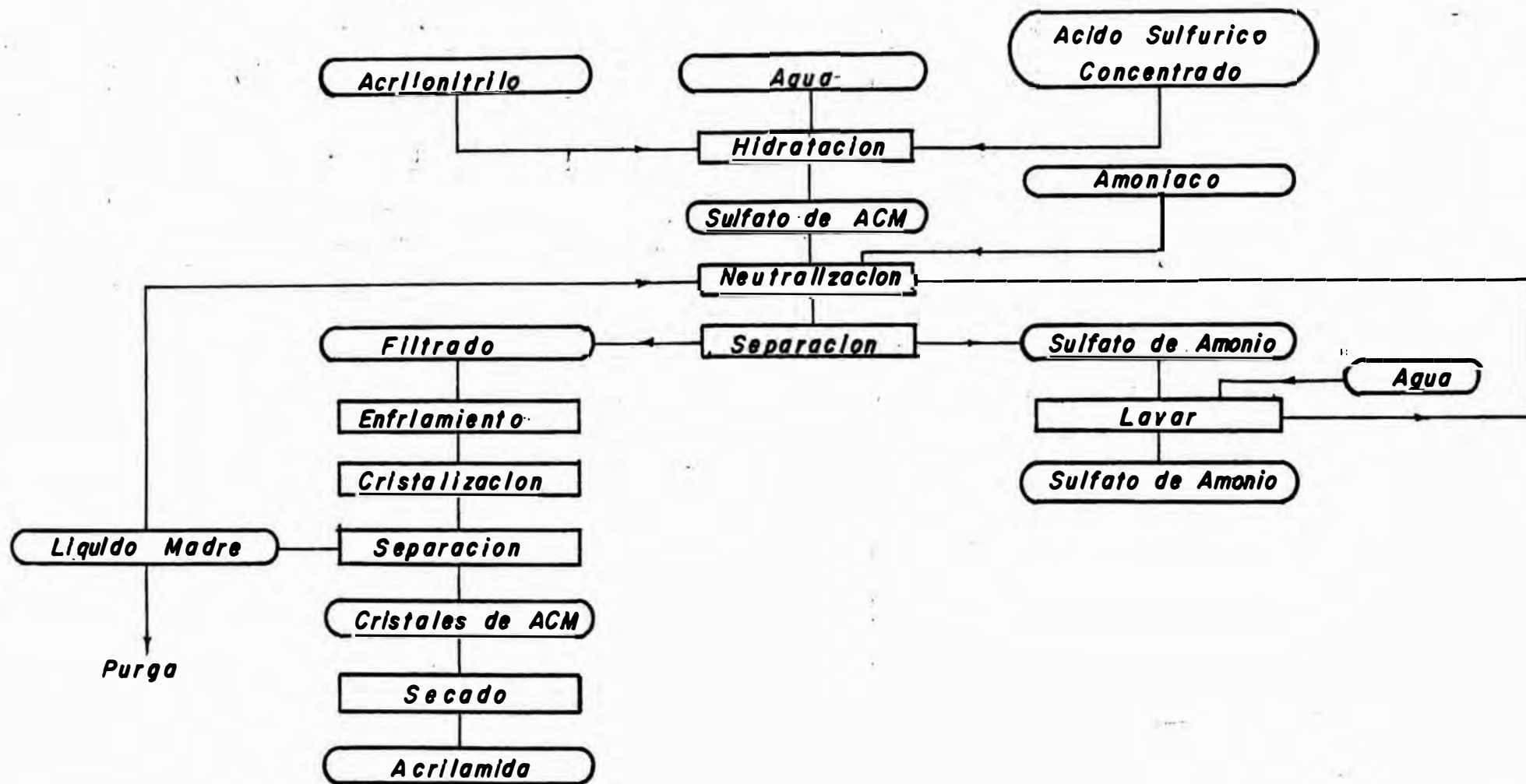
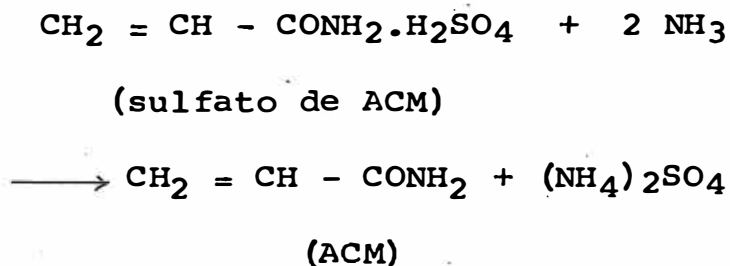


Fig. 6.1.: Proceso del Acido Sulfurico para la obtencion de Cristales de Acrlamida

La parte del proceso que presenta mayor dificultad, y que significa un alto costo es la recuperación de la ACM de la mezcla de reacción.

Si como producto, se procura cristales de ACM de alta pureza, entonces, las etapas subsecuentes de neutralización y separación, involucran considerables dificultades.

En una neutralización típica, se presenta la dilución del sulfato de ACM obtenido con corrientes de reciclo, adicionando, simultáneamente, amoníaco en cantidad estequiométrica, produciéndose una mezcla de ACM y sulfato de amonio, en medio acuoso:



El sulfato de amonio en solución al 40 % - 50 %, exhibe baja solubilidad en presencia de la solución saturada de ACM, siendo removido por filtración. El filtrado se somete a enfriamiento, cristalizando la ACM para ser aislada y secada, quedando el licor de apoyo para ser reciclado.

Con la finalidad de aislar cristales de ACM de alta pureza, deben ser removidos el sulfato de amonio y los inhibidores de polimerización; por lo que, inevitablemente, la velocidad de cristalización de la ACM debe reducirse tornando complicado el proceso de producción.

Sin embargo, estas etapas varían con el fabricante. En la fig. 6.1, se muestra el proceso reseñado.

6.1.1.2 Exclusión iónica

Hace algunos años, la Dow Chemical Co desarrolló una técnica de "Exclusión iónica", como etapa subsecuente de aislamiento del monómero de ACM a partir del sulfato de ACM.

El sulfato de ACM, producto de la hidrólisis del ACN en presencia de ácido sulfúrico concentrado, es diluido en agua. La solución resultante es pasada a través de una columna de intercambio catiónica (un copolímero sulfonado de estireno y divinil benceno), en la que es excluido el ácido sulfúrico, obteniéndose una solución acuosa del monómero de ACM. El efluente que contiene cerca del 10 % de ACM, puede ser polimerizado inmediatamente, o concentrado en vacío.

El proceso produce corrientes inútiles, constituidas por un sulfato o ácido sulfúrico, contaminado con ACM.

La purificación y disposición de éstas, representa un costo adicional.

6.1.1.3 Hidrólisis del ACM por vía catalítica

Es reconocida mundialmente la conveniencia de una ruta catalítica para la hidrólisis de nitrilos a amidas. En este caso, la conversión directa del ACN y el agua, a ACM, por contacto con un ca

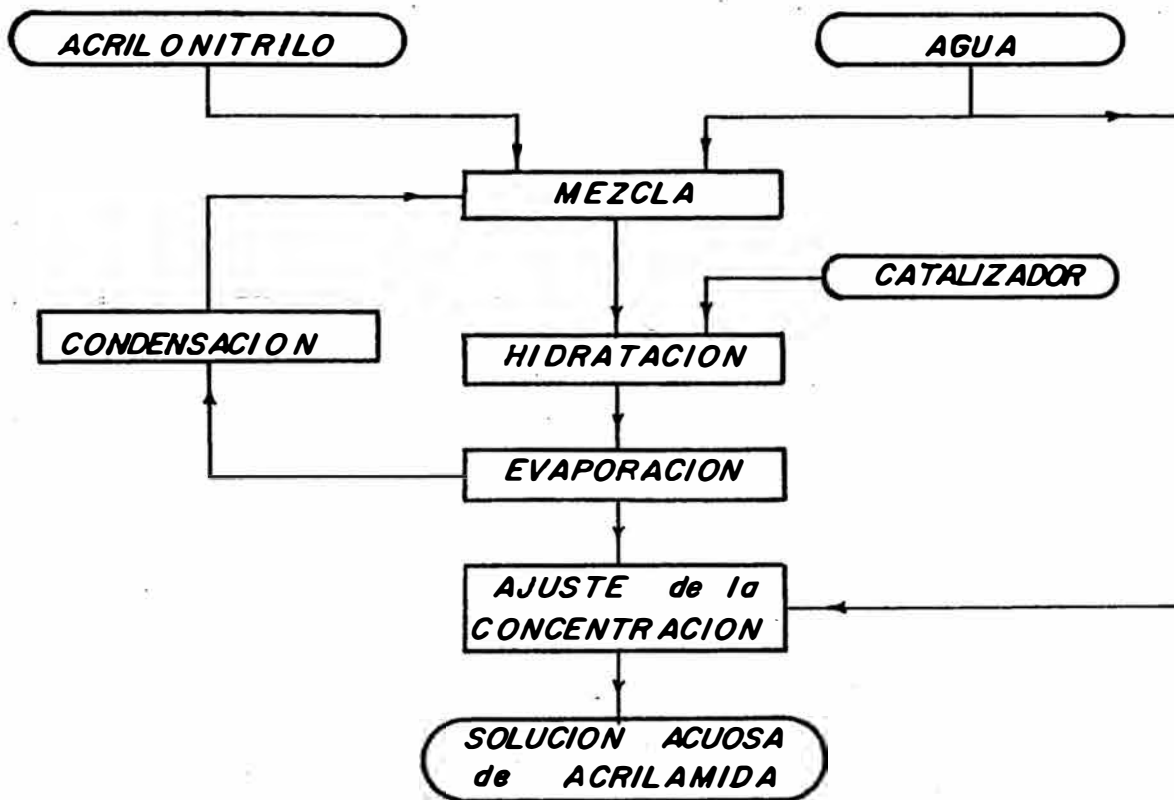


Fig: 6.2: Proceso Catalítico para la obtención de Acrilamida en Solución Acuosa

talizador no contaminado.

En los inicios de las investigaciones, la exploración bibliográfica reveló algunas técnicas posibles, basadas en catalizadores homogéneos y heterogéneos. Todas se intentaron, pero ninguna tuvo una velocidad de reacción suficientemente alta, ni selectividad, para ser comercialmente atractiva; encontrándose que el ACN sufría hidratación en sus dos grupos reactivos.

El perfeccionamiento del proceso, se inició en 1967 en los laboratorios de la Dow Chemical Co., con pruebas subsecuentes a nivel de planta piloto a partir de 1969; empezando la producción comercial, con el nuevo proceso catalítico en 1971.

Toda la evidencia apuntaba a los materiales que contenían cobre, como la clase genérica de compuestos catalíticos, utilizable para este proceso; resultando las combinaciones cobre-cromo, y el cobre metálico, como los catalizadores más apropiados.

Básicamente, el proceso consiste en la hidratación catalítica, en lecho fijo, del ACN A ACM, con gran conversión y cerca del 100 % de selectividad, sin formación significativa de sub-productos, y con menores costos fijos y de operación que los esquemas convencionales.

El producto de reacción, viaja a partir del lecho catalítico, hacia un recipiente de destilación rápida de una sola etapa (Flash Drum), en el que se remueve el material que no ha reaccionado, obteniéndose

ACM líquida casi pura.

El proceso es continuo y opera a temperaturas y presiones moderadas, evitándose en esta forma la polimerización del ACN o de la ACM.

En la figura 6.2, se muestra la secuencia del proceso catalítico.

6.1.2 Selección del proceso y su justificación

Se selecciona el proceso en base a un criterio técnico-económico, sin dejar de considerar el factor humano, dado la naturaleza tóxica del producto.

Los dos primeros métodos convencionales, requieren una inversión relativamente alta, con rendimientos sólo del 80 - 90 %, basado en el ACN [36 - P (69)]. Además, en cada caso hay un sub-producto que no es fácilmente despachable o vendible, lo cual constituye un serio problema contra la calidad del proceso: la neutralización del ácido, en el primer método, resulta en cerca de 2.2 lb $\text{SO}_4(\text{NH}_4)_2$ por libra de ACM; mientras que, la exclusión iónica da, aproximadamente, 1.6 lb H_2SO_4 por libra de ACM [36-p(69)].

Por otra parte, el polvo cristalino de ACM, obtenido por neutralización ácida, representa un riesgo potencial durante el empaque, despacho y conversión a producto final, al inhalarse y/o absorberse a través de la piel y heridas, afectando el sistema nervioso central [3-p(28)]

Desde que el monómero de ACM es altamente reacti

vo, con vapor de baja presión, la purificación del efluente de exclusión iónica, por destilación o recristalización, conlleva a un elevado costo adicional de operación.

En lo que respecta al proceso catalítico, se obtienen, por el contrario, numerosos beneficios que satisfacen toda expectativa, deparando mayor rendimiento y pureza del producto, eliminando los problemas que pueden ocasionar los productos secundarios y reduciendo los costos fijos y variables [36-p(68)] :

1. 98.5 % de rendimiento, basado en el ACN.
2. Una pureza de ACM igual o mayor de 99.5 %
3. Ningún sub-producto, que deba disponerse o comercializarse.
4. Un ahorro del 35 - 45 % en costos directos de capital fijo.
5. Un costo variable mejorado en un 25 %, sobre otro proceso considerado como bueno.
6. Proceso apropiado para hidrolizar la mayoría de los nitrilos orgánicos, a sus correspondientes amidas.

Por lo expuesto se selecciona el proceso de producción catalítica, utilizando un catalizador heterogéneo cobre cromo, en lecho fijo.

6.1.3 Descripción detallada del proceso seleccionado

Cantidades estequiométricas de ACN y agua desionizada, previamente mezclados en el tanque mezclador (M-1) a 25°C, ingresan a un reactor tubular catalítico de lecho fijo (R-1), donde la mezcla líquida circula por el interior de los tubos, poniéndose en contacto con el catalizador sólido cobre-cromo. La hidratación procede a 50°C o más, incrementándose la velocidad de hidratación con la temperatura.

A 150°C o más, es procedente la polimerización del ACN o de la ACM; por lo que, el rango óptimo de temperatura es de 70° - 120°C, considerándose 100°C como la temperatura promedio más adecuada. Además, con una presión moderada de 50 psig en los tubos del reactor, la reacción en fase líquida, procede con alto rendimiento, desprendiéndose un calor de hidratación de (-) 17 Kcal/mol. Se han logrado conversiones del 98.5 %, basados en el ACN, y ACM del 99.5 % de pureza; constituyendo el β -hidroxipropionitrilo (ECH) la impureza principal, en cerca del 0.1 %.

El efluente líquido del reactor (R-2), constituido por ACN, agua y ACM, pasa a través de un intercambiador de calor de tubos concéntricos (I-1), donde es calentado con vapor saturado hasta 125°C.

Luego, la presión se reduce a 37.4 mmHg, produciéndose una evaporación adiabática parcial a expensas del líquido. La mezcla, cercanamente en el equilibrio, se introduce en un recipiente de separación "Flash Drum"

(F-1) para separar el líquido residual del vapor.

Esto, permite la separación de los componentes más volátiles: agua y ACN (los cuales arrastran cierta cantidad de ACM), del menos volátil: ACM (el que, igualmente, lleva consigo algunas impurezas). La mezcla vapor resultante, a través de la bomba de vacío (Bv-1), es acondicionada y reciclada hacia el tanque - mezclador (M-1). La ACM líquida, obtenida con una pureza del 99.5 % en peso, cumple con las especificaciones técnicas necesarias y puede ser expandida como producto. Además, si fuese necesario, se podría obtener ACM en cristales. Sin embargo, generalmente, la ACM, se usa en solución acuosa del 30 - 50 % en peso; por lo que, la etapa siguiente del proceso consiste en la dilución de la ACM-99.5 %.

A la temperatura del efluente del recipiente (F-1), ocurre la polimerización de una solución acuosa de ACM. Por lo que, previamente, dicho efluente debe ser enfriado en el intercambiador de calor de tubos concéntricos (I-2), antes de ser diluido en el tanque de dilución (Tk-6) o (Tk-7). Se ha convenido, que la temperatura de ingreso a dichos tanques, sea de 194°F. Además se considera que los tanques 6 ó 7, operan alternativamente durante 8 horas. En éstos se diluye ACM-99.5 a ACM-50, mediante agua desionizada proveniente del tanque de almacenamiento de agua desionizada (Tk-1). Durante el período de 8 horas de funcionamiento de uno de ellos en el otro tanque, se registra lo siguiente:

- burbujeo adicional de la solución ACM-50: 1 hora
- desalojo de la solución ACM-50: 3 horas
- llenado del tanque con agua desionizada: 3 horas
- espera para entrar en funcionamiento nuevamente: 1 hora

Cabe señalar que el (Tk-1) recepciona el agua desionizada producida en la planta, y además, surte a los tanques 2 y 3 que alimentan al proceso.

La solución ACM-50, desaloja del tanque 6' o 7, sale con una temperatura de 110.7°F. Sin embargo, dicha solución debe ser almacenada entre 60° y 100° F. En consecuencia, ésta debe ser enfriada previamente antes de ser almacenada. Se ha considerado que la solución ACM-50, proveniente del tanque 6 ó 7, se enfría en el intercambiador de calor de tubos concéntricos (I-3), a 85°F, temperatura a la cual es almacenada en los tanques de almacenamiento de producto (Tk-8-9-10). Cabe señalar que adyacente a estos tanques, se asienta el tanque (Tk-11) de una solución 0.0064 M de sulfato de cobre, que constituye el inhibidor de polimerización en caso de la iniciación accidental de polimerización de la solución ACM 50.

Por otra parte, se considera que toda el agua para la planta se obtiene de un pozo (P-1), construido en las inmediaciones y se deposita en una piscina-cisterna (P-2) de 8 x 5 x 2 (80 mt³), en donde todos los sólidos caen por sedimentación.

El agua de proceso debe ser de alta pureza por ser agente en la reacción para la obtención de ACM. Para tal efecto, se deriva una corriente desde (P-2) hacia una sub-planta destinada a la desionización del agua, según un proceso de intercambio iónico de 2 etapas. El tanque (Tk-1), recepciona el agua desionizada así obtenida.

El agua de enfriamiento con una dureza no mayor de 40 ppm, se recicla a través de una torre de enfriamiento (TE-1), para recondicionarla. Para restablecer las pérdidas por evaporación y rociado del agua, que ocurren en (TE-1), se deriva una corriente desde (P-2) hacia dicha torre.

El agua para uso sanitario y para el consumo del personal que labora en la planta, debe ser potable. Para tal efecto, se hace uso de las instalaciones públicas existentes en la zona.

Con respecto al catalizador gastado, puede ser regenerado sin una degradación sustancial, por oxidación con peróxido de hidrógeno a temperatura ambiente, o con aire a temperaturas elevadas. En cualquier caso, la oxidación es seguida por una reducción con hidrógeno en un rango de temperatura de 100° a 500°C.

A diferencia del proceso alternativo del ácido sulfúrico, en el que el producto pulverulento de ACM, frecuentemente suspendido en el aire por efecto de la manipulación y el transporte, es tóxico cuando se absorbe, inhala o se absorbe a través de la piel; este proceso catalítico es completamente no contaminante por

cuanto la solución acuosa de ACM puede ser manipulada sin peligro.

La figura 6.3, muestra un diagrama global del proceso, completando la descripción dada.

6.2 PROPIEDADES CRITICAS Y FISICAS DE LAS ESPECIES

Complementando la información dada en el rubro 3.3.1 se estiman las propiedades críticas y algunas propiedades físicas de las especies puras, necesarias en los cálculos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa, efectuados para el diseño de los equipos.

El desarrollo analítico se muestra en el Anexo C-1.

A continuación, los resultados obtenidos:

6.2.1 Propiedades críticas de las especies puras

En el Cuadro 6.1, se detallan éstas:

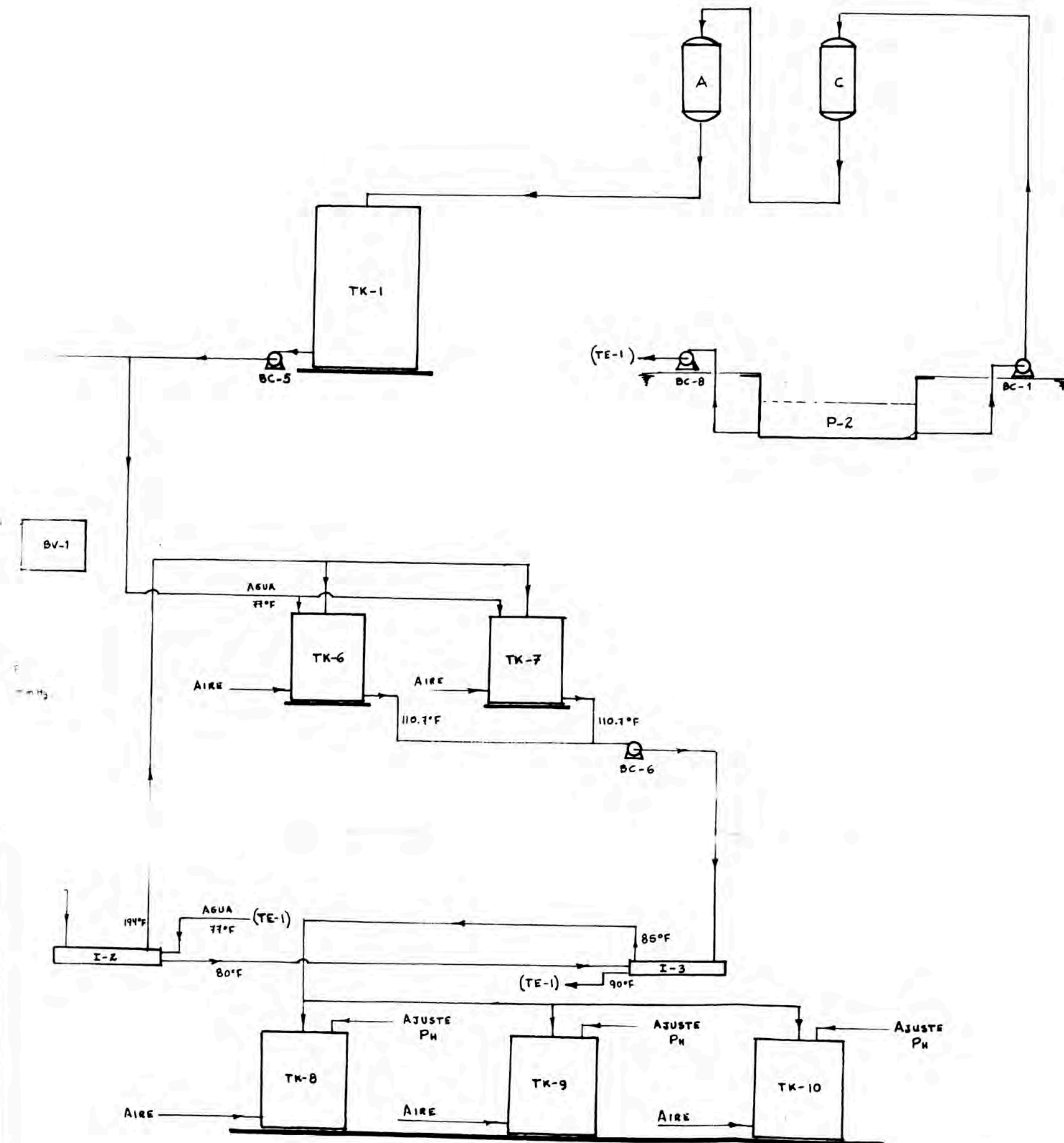
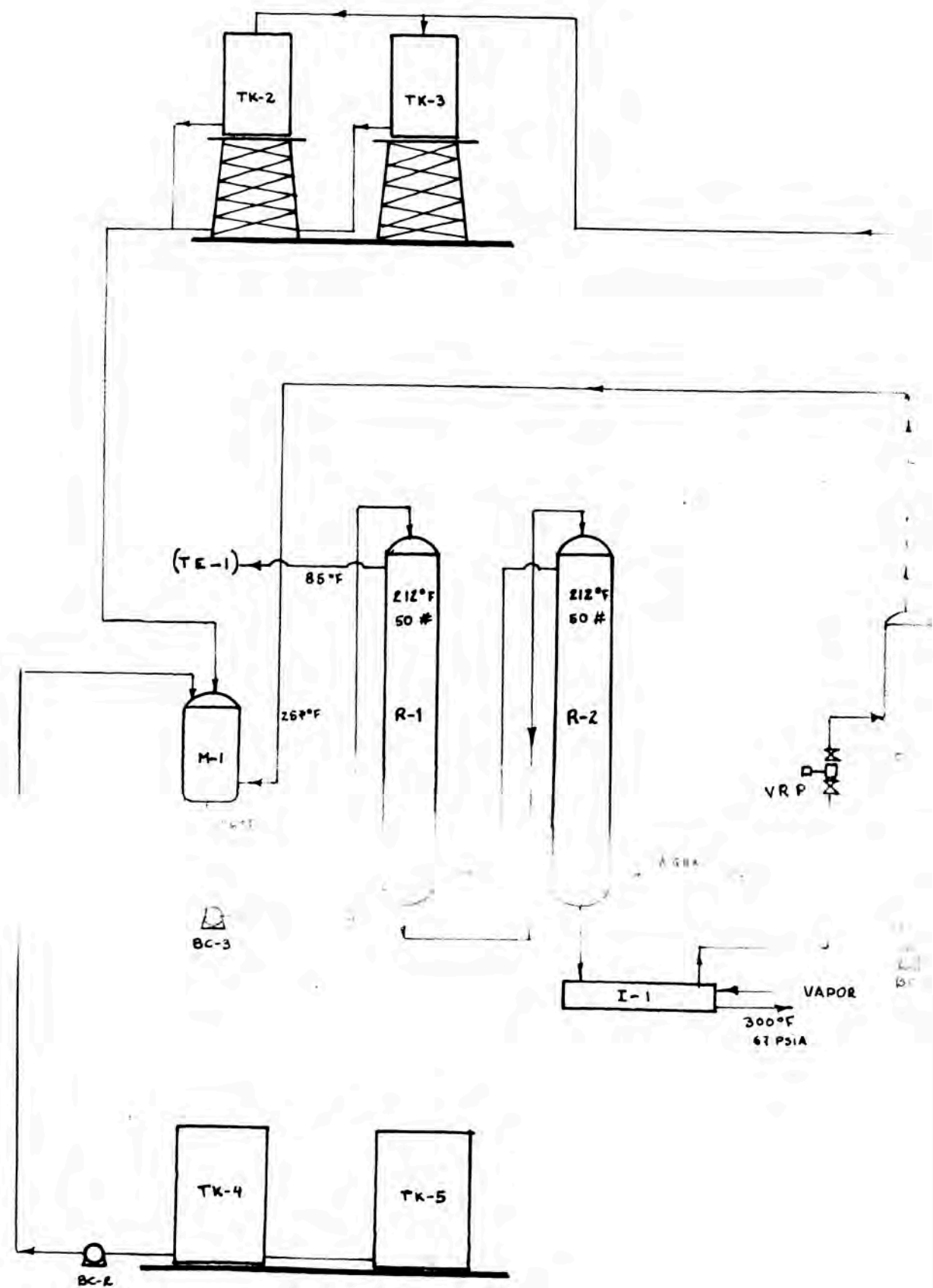
CUADRO 6.1

Especie	Propiedades Críticas			
	$V_c \left(\frac{cc}{mol} \right)$	$T_c (^{\circ}K)$	$P_c (Atm)$	Z_c
ACN	210	536	44.1	0.2100
ACM	231	746	52.7	0.1987
ECH	244	529	49.6	0.2790
H ₂ O ⁺	560	647.3	218.2	0.2300

+ : valores obtenidos de tablas

Leyenda

SIMBOLO	DESCRIPCION
A	INTERCAMBIADOR ANIÓNICO : TRATMTO. AGUA
BC-1	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA DE POZO
BC-2	BOMBA CENTRIFUGA DE ACRILONITRILDO
BC-3	BOMBA CENTRIFUGA MEZCLA REACCIONANTE
BC-4	BOMBA CENTRIFUGA DE ACM-99.5%
BC-5	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA DESIONIZADA
BC-6	BOMBA CENTRIFUGA DE ACM-50%
BC-7	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA ENFRIAMIENTO
BC-8	BOMBA CENTRIFUGA DE AGUA DE POZO
BV-1	BOMBA DE VACIO DEL RECICLO DE F-1
C	INTERCAMBIADOR CATIONICO : TRATMTO. AGUA
F-1	RECIPIENTE DE SEPARACION "FLASH"
I-1	INTERCAMBIADOR DE CALOR TUBOS CONCENCT.
I-2	INTERCAMBIADOR CALOR TUBOS CONCENCT.
I-3	INTERCAMBIADOR CALOR TUBOS CONCENCTICO
M-1	TANQUE MEZCLADOR CON AGITADOR
P-1	POZO
P-2	PISCINA CISTERNA DE SEDIMENTACION
R-1-2	REACTOR TUBULAR DE 2 UNIDADES SERIE
TE-1	TORRE DE ENFRIAMIENTO
TK-1	TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA DESIONIZ
TK-2	TANQUE AGUA DESIONIZADA
TK-3	TANQUE AGUA DESIONIZADA
TK-4	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
TK-5	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
TK-6	TANQUE DE DILUCION DE ACM-99.5%
TK-7	TANQUE DE DILUCION DE ACM-99.5%
TK-8	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACM-50%
TK-9	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACM-50%
TK-10	TANQUE DE ALMACENAMIENTO ACM-50%
TK-11	TANQUE DE INHIBIDOR
VRP	VALVULA REDUCTORA DE PRESION



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE INGENIERIA**

DIAGRAMA DE FLUJO Y EQUIPO

PROYECTO: ACRILAMIDA

FIG: 6.3

6.2.2 Presión de vapor de las especies puras

En el Gráfico 6.4, se muestran las presiones de vapor correspondientes a cada especie que interviene. El eje Y, de las presiones de vapor, está graduado en escala logarítmica; mientras que, el eje X está graduado de tal manera que los puntos señalados 120°, 130°, etc., representan las recíprocas de las temperaturas absolutas que corresponden a aquellas ordinarias. Esto es, $1/273+120$) para 120°C, etc.

La presión de vapor correspondiente a la ACM, se obtuvo por extrapolación de la figura 3.1. La correspondiente al agua, se obtuvo de tablas. Para el ACN y el ECH, sus presiones de vapor se obtuvieron analíticamente.

6.2.3 Calor específico de las especies puras

Para el ACN y la ACM, no se dispone de datos experimentales de calores específicos. Por lo tanto, se ha recurrido a la correlación experimental generalizada de Fallon-Watson [40-p(277)], para la estimación de dichas magnitudes. Las ecuaciones correspondientes son, respectivamente:

$$C_p = 0.4103 + 0.5535 \times 10^{-3}(t)$$

$$\bar{C}_p = 0.3640 + 0.4950 \times 10^{-3}(t)$$

Para el agua, se disponen de tablas experimentales.

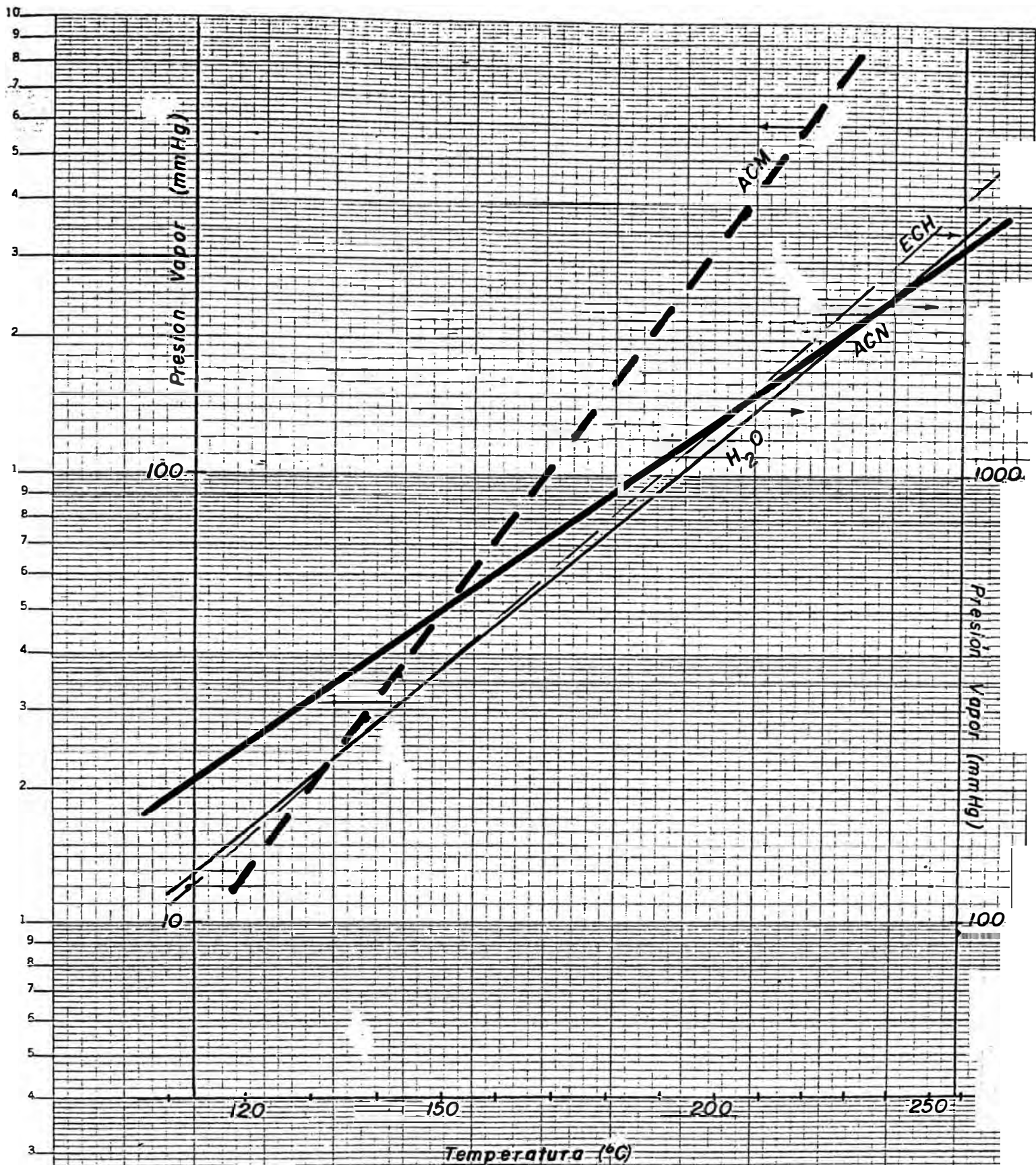


Fig. 6.4. Presión de Vapor v.s. Temperatura

6.2.4 Viscosidad de las especies puras

Considerando que la pendiente $(d\mu/dt)$, de la curva μ v.s.t, es la misma función de " μ ", para todos los líquidos, se ha correlacionado una curva generalizada de viscosidades, que sirve como alternativa para cualquier líquido si se mueve la escala de temperaturas paralelamente a sí misma, hasta una posición tal, que se obtenga algún valor correcto de la viscosidad [43-p(560)].

La viscosidad absoluta de la ACM a 100°C, es 1.25 cP [14]. El ACN, tiene una viscosidad de 0.4 cP a 25°C [29].

Por lo tanto, queda definida la escala de temperaturas para ambos compuestos. Ver Gráfico 6.5

Para el agua, se dispone de tablas experimentales.

6.2.5 Grupo adimensional $(C_p \cdot \mu / K)$ de las especies puras

Mediante la ecuación adimensional de Denbeigh [43-p(721)], se estima el número de Prandtl $(C_p \cdot \mu / K)$, tanto para el ACN, como para la ACM. Así, para el ACN,

$$\left(\frac{C_p \cdot \mu}{K}\right) = 0.016 \cdot e^{1808/T}$$

para la ACM,

$$\left(\frac{C_p \cdot \mu}{K}\right) = 0.016 \cdot e^{3082.5/T}$$

para el agua, se dispone de datos experimentales

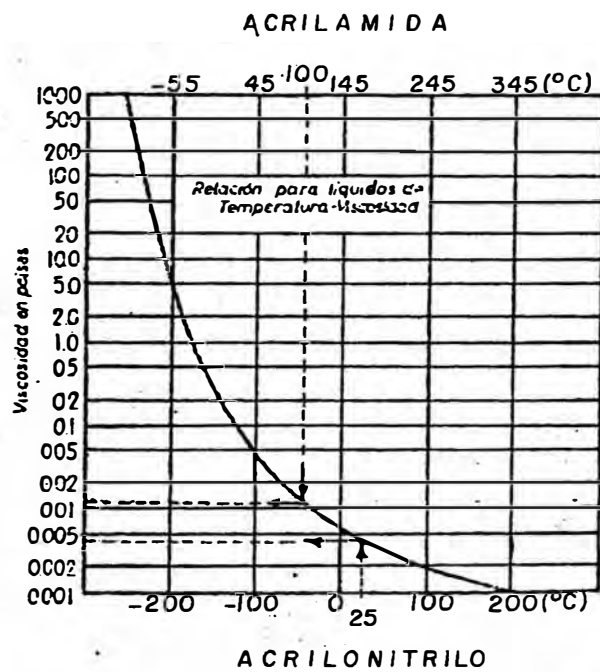


Fig. 6-5: Curva generalizada de la viscosidad para los líquidos.

6.3 BALANCE DE MATERIA

Según el párrafo 5.1, el balance de materia se efectúa en base a una producción de $437.5 \frac{\text{Kg ACM-99.5\%}}{\text{Hr}}$.

Se asume una pureza del 100 % para el ACN (según el "Proyecto Petroquímico Integrado de Bayóvar", las características técnicas del ACN a obtener, señalan una pureza mínima del 99.9 %). El agua usada, es de pozo, previamente desmineralizada.

En el reactor se tiene una conversión del 98.5 % y se asume un rendimiento del 100 %. También, se asume un rendimiento del 100 % para el "Flash Drum" (F-1). Se considera que la relación estequiométrica de alimentación (ACN:H₂O), se conserva hasta la entrada del "Flash Drum", sin que el ACN y el agua de reciclaje afecten significativamente dicha relación. Se considera, también que las especies involucradas siguen la ley de Raoult.

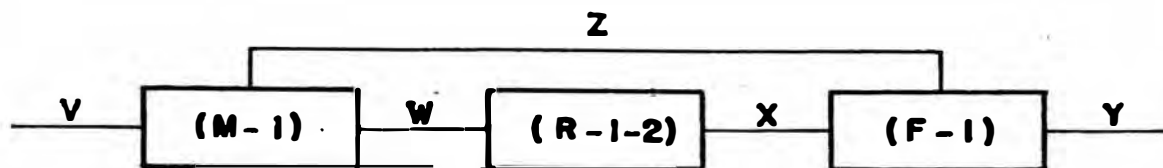
Todas las corrientes han sido tabuladas cuantitativamente, tal como se muestra en la figura 6.6

En el anexo C-2, se muestra el procedimiento analítico seguido.

6.4 SISTEMA DE REACCION

6.4.1 Termodinámica básica de la reacción

En el proceso de hidrólisis catalítica del ACN, tiene lugar la siguiente reacción de formación de ACM:



Numero de Módulos de Producción : 2

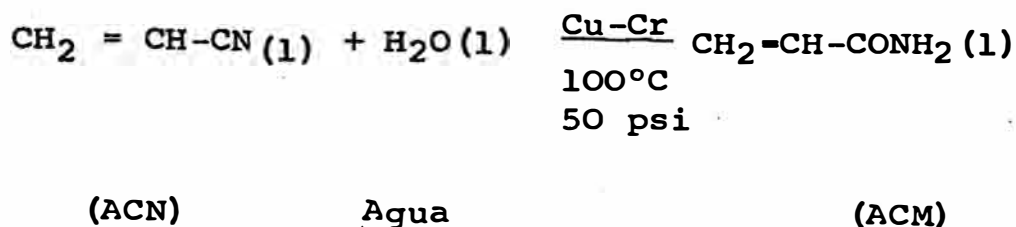
Capacidad Producción 1^{er} Módulo : 3500 $\frac{\text{Tm ACM-99.5\%}}{\text{año}}$

Capacidad Producción 2 Módulo : 3500 $\frac{\text{Tm ACM-99.5\%}}{\text{año}}$

BALANCE de MATERIALES : 1 ^{er} Módulo Producción (Kg/hr)					
Espécie	V	W	X	Y	Z
ACN	326.57	352.69	27.280	1.1480	26.117
AGUA	110.93	119.58	9.265	0.6143	8.654
ACM	—	57.80	493.100	435.300	57.800
ECH	—	6.163	6.598	0.4375	6.163
T o t a l	437.50	536.23	536.23	437.50	98.730

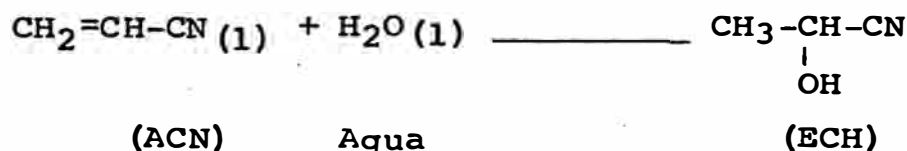
Nota: La producción señalada corresponde a
ACM-99.5%

Fig.6.6.: Diagrama de Bloques — Balance de
Materiales



La única reacción secundaria, comprende la formación de β -hidroxipropionitrilo (ECH), presente en una proporción de más o menos, 0.1 %. La formación de este compuesto, depende del tipo de catalizador que se use, y de las condiciones de operación del proceso, especialmente la temperatura.

La reacción secundaria para la formación de ECH, se verifica en el grupo vinil del ACN, con el agregado de una molécula de agua:



La termodinámica básica de la reacción, comprende el cálculo de la entropía standard, la energía libre la extensión de la reacción y la determinación de la variación de la constante de equilibrio con la temperatura.

El procedimiento analítico de cálculo, se muestra en el anexo C-3. A continuación, los resultados.

$$\Delta S_{298^\circ\text{K}} = - 20 \text{ cal/mol-}^\circ\text{K}$$

$$\Delta G_{373^\circ\text{K}} = - 9551.2 \text{ cal/mol}$$

$$\xi'_{e} = 0.9982$$

$$\xi'_{-} = 0.923$$

CUADRO 6.2

K vs. T.

T (°K)	K
300	1.06x10 ⁸
400	8.40x10 ⁴
500	1159
600	66.7
700	8.7
800	1.9

En la figura 6.7, se muestra la variación de la constante de equilibrio (K), con la temperatura absoluta (T). Dicho gráfico proporciona la temperatura a la cual $\log(K)$, y por lo tanto ΔG_T , es cero, con lo que se puede deducir la temperatura límite, y las temperaturas a las que se ve favorecida la reacción ($K > 1$).

6.4.2 Cinética y Mecanismo de la reacción

6.4.2.1 Consideraciones teóricas

"La velocidad de la reacción catalítica, no responderá a la ecuación deducida de la estequiometría del sistema". La razón es que, debido a la acción del catalizador, se ven involucradas reacciones complejas que transcurren a través de diversos

Log(K)

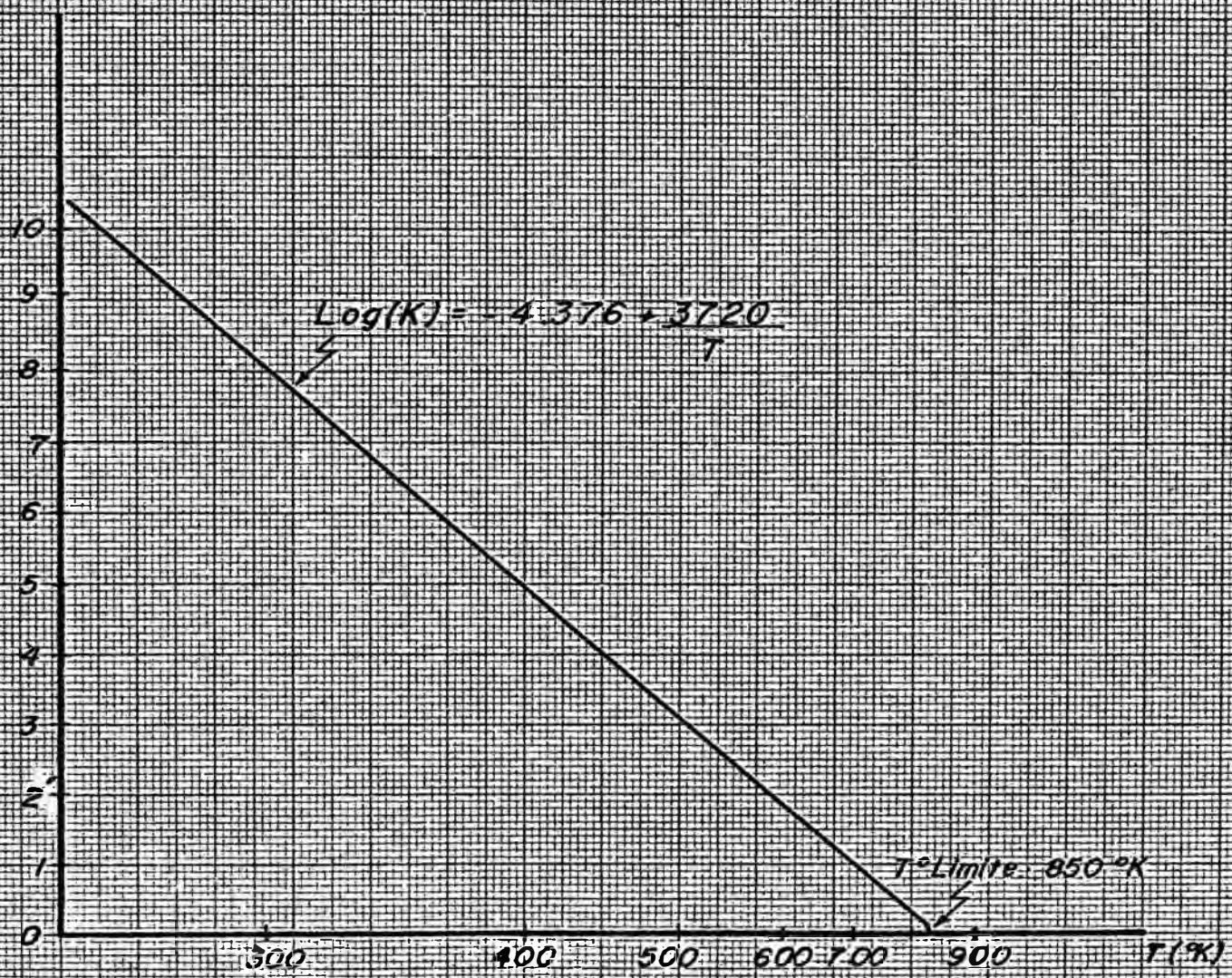


Fig. 6-7. Variación de la Constante de Equilibrio de la Reacción con la Temperatura

pasos intermedios, siguiendo mecanismos más complicados.

Para desarrollar una ecuación de velocidad sobre una base teórica, es necesario establecer un mecanismo hipotético de la reacción catalítica, que permita obtener la correspondiente expresión matemática. En general, resulta mucho más complicado establecer un mecanismo para la reacción, que desarrollar una ecuación cinética empírica, cuyas constantes se calculen experimentalmente. De este modo la mayoría de los procesos industriales se apoyan en ecuaciones que responden a "mecanismos aparentes", que interpretan de forma global, los verdaderos y más complejos esquemas del proceso.

Las ecuaciones cinéticas así deducidas, pueden ser altamente satisfactorias en cuanto al diseño del reactor. Más aún, la expresión cinética para la reacción catalítica, que puede deducirse sobre una base teórica, tendrá una forma semejante a las obtenidas en el tratamiento de reacciones elementales. Por tal motivo, las reacciones elementales, si bien no corresponden al mecanismo de reacciones catalizadas, sirven como mecanismos aparentes, cuyas ecuaciones de velocidad sean, en ciertos casos, suficientemente aproximadas.

A través de una serie de procesos físicos y químicos, transcurre la reacción sobre la superficie sólida del catalizador. Las etapas de reacción, son las siguientes:

1. difusión externa de reactivos,
2. difusión interna de reactivos,
3. "quimisorción" de reactivos,
4. reacción superficial
5. desorción de productos,
6. difusión interna de productos,
7. difusión externa de productos.

Las etapas de difusión externa son muy sensibles a la variación del flujo de alimentación. La importancia de las etapas de difusión interna, está directamente relacionada a las características funcionales del catalizador (tamaño de pellet, tamaño de poro), interconexión de poros, etc.). Por otro lado, variaciones de presión y temperatura condiciona, de forma especial, la naturaleza y extensión de los pasos 3, 4 y 5.

Para evaluar la velocidad de reacción catalítica es necesario evaluar la contribución al proceso global de cada una de las etapas consideradas. Sin embargo, en general, se consideran que las cuatro etapas relacionadas con fenómenos de difusión, serán de importancia, sólo a altas temperaturas; ya que, en estas condiciones es más probable que puedan llegar a ser etapa controlante.

La selección óptima de las condiciones de operación y de las características funcionales del catalizador, son usualmente determinadas experimentalmente; de forma tal, que la extensión de la reacción sea lo suficientemente cercano al equilibrio termodinámico, que no se produzca alteración física de las especies, y que la

velocidad global del proceso sea independiente de los fenómenos de difusión.

6.4.2.2 Mecanismo de la reacción

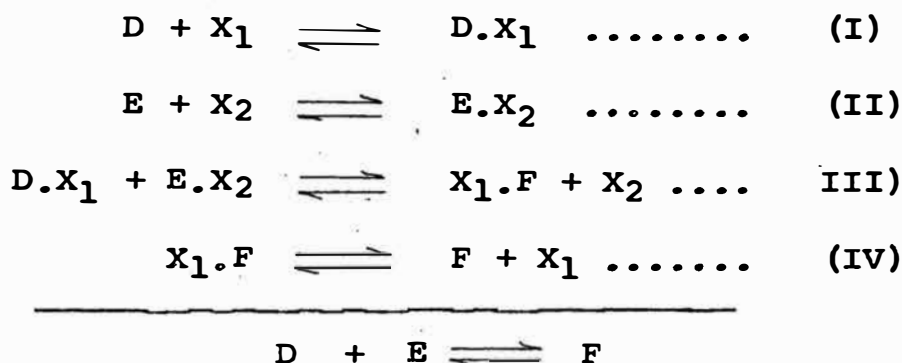
"La interpretación de los datos cinéticos de la reacción, según las ecuaciones de velocidad deducidas de mecanismos de reacción supuestos, proporcionará el mecanismo, y por ende, la cinética de la reacción en cuestión".

El estudio se realiza según los siguientes supuestos:

1. En las condiciones experimentales seleccionadas, los fenómenos de transferencia de materia no afectan la velocidad global del proceso. Por lo que, el sistema se rige únicamente por las etapas de quimisorción, reacción superficial y desorción. Por consiguiente, las ecuaciones cinéticas que se derivan, consideran estas etapas como las únicas controlantes posibles del proceso global.
2. Cuando se alcanza el estado estacionario, la variación de la temperatura a lo largo de los ejes transversal y longitudinal del lecho catalítico, es despreciable.

Según el acápite 6.4.3.1., el catalizador a usar presenta dos fases activas: Cu_2O - Cr_2O_3 . Una pregunta inmediata, concerniente al proceso superficial, es si la reacción ocurre entre una molécula de ACN (D), y una molécula fluida de agua (E) en la superficie, o en

tre moléculas absorbidas de ambos en centros activos adyacentes ($X_1 - X_2$). Suponemos, un mecanismo de ambas moléculas absorbidas en centros activos adyacentes:



6.4.2.3 Cinética de la reacción

En base al mecanismo de reacción supuesto, se obtienen expresiones para la velocidad de reacción, dependiendo de la etapa que controle la reacción. En el anexo C-3.2, se detalla el procedimiento analítico correspondiente. En el cuadro 6.3, se muestran las ecuaciones de velocidad deducibles según el mecanismo de reacción supuesto.

Cabe señalar que los datos experimentales podrían ajustarse satisfactoriamente a algunas de las expresiones resultantes, ratificando el mecanismo supuesto y fijando la etapa controlante. En caso contrario, se tendría que evaluar algún otro mecanismo de reacción.

6.4.3 Catalizador

6.4.3.1 Clasificación y especificaciones

La mejor clase genérica de - compuestos para la hidratación catalítica del ACN, corresponde a las combinaciones de cobre - cromo. Más específicamente, a la combinación óxido cuproso (Cu_2O) - óxido crómico (Cr_2O_3) [36.]

Consecuentemente, al catalizador, según las características de sus fases activas que lo componen, se lo identifica como semiconductor; dando lugar durante el proceso catalítico, a la formación de especies de tipo radical [46-p(71)] .

Además, el catalizador es másico.

Es decir, que está constituido exclusivamente por sustancias activas. Aunque, no por esto, presente centros activos en cualquier punto de su masa.

Los catalizadores comerciales cobre-cromo, para procesos de hidratación e hidrogenación selectiva, presentan las siguientes características [46-p(131)] :

1. Fases del catalizador

Fase activa: $\text{Cr}_2\text{O}_3 + \text{Cu}_2\text{O}$

Fase soporte: -

2. Constitución másica porcentual

Cr_2O_3 : 17 - 60

Cu_2O : 37 - 82

CUADRO 6.3

Cinética de la Reacción

Etapa controlante	Velocidad de reacción
$D + X_1 \xrightleftharpoons[k_1']{k_1} D.X_1$	$r = a. \frac{(\bar{K}.C_D.C_E - C_F)}{\bar{K}.C_E + \bar{K}_{FE}.C_E.C_F + \bar{K}_1.C_F}$
$E + X_2 \xrightleftharpoons[k_2']{k_2} E.X_2$	$r = b. \frac{(\bar{K}.C_D.C_E - C_F)}{\bar{K}.C_D + \bar{K}_2.C_F}$
$D.X_1 + E.X_2 \xrightleftharpoons[k_3']{k_3} F.X_1 + X_2$	$r = \frac{c. \bar{K}_1 \bar{K}_2 \bar{K}.C_D.C_E.(C_F - \bar{K}.C_D.C_E)}{(\bar{K}.C_D + \bar{K}_2.C_F)(\bar{K}.C_E + \bar{K}_{FE}.C_E.C_F + \bar{K}_1.C_F)}$
$F.X_1 \xrightleftharpoons[k_4']{k_4} F + X_1$	$r = \frac{d.\bar{K}.C_E.(C_F - \bar{K}.C_D.C_E)}{\bar{K}_4.(\bar{K}.C_E + \bar{K}_{FE}.C_E.C_F + \bar{K}_1.C_F)}$

$$\bar{K} = \bar{K}_1 \bar{K}_2 \bar{K}_3 \bar{K}_4$$

$$a = k_1 \cdot \bar{C}_{X_1}$$

$$b = k_2 \cdot \bar{C}_{X_2}$$

$$c = k_3 \cdot \bar{C}_{X_1} \cdot \bar{C}_{X_2}$$

$$d = k_4 \cdot \bar{C}_{X_1}$$

$$\bar{K}_i = k_i / k_i'$$

$$\bar{K}_{FE} = \bar{K}_1 \bar{K}_2 \bar{K}_3$$

3. Superficie

10 - 40 (Mt^2/gr)

4. Densidad de pellet

0.9 - 1.7 (Kg/lt)

En nuestro proyecto se considera un catalizador proporcionado por la "Harvan Chemical Company", cuyas especificaciones se muestran en el Cuadro 6.4.

Adicionalmente, considerando que la fracción vacía de las partículas del pellet (ϵ_p), es del orden de 0.5 [48-p(303)], se estiman las siguientes magnitudes complementarias mostradas en el cuadro 6.5. El cálculo se muestra en el Anexo C-3.3

CUADRO 6.4

Especificaciones del catalizador

% peso Cu_2O	40
% peso Cr_2O_3	60
presentación	pellets cilíndricos
densidad de pellet	1.1 gr/cc
área superficial	30 mt^2/gr
volumen de poro	0.69 cc/gr

Fuente: [47]

CUADRO 6.5

Especificaciones complementarias del catalizador

Volumen vacío	$(Vg)_M$ $(Vg)_\mu$	0.471 cc/gr 0.219 cc/gr
Fracción vacía	ϵ_M ϵ_μ	0.518 0.241
Fracción sólida	ϵ_s	0.241
Densidad	ρ_p ρ_s	0.283 gr/cc 4.560 gr/cc

6.4.3.2 Preparación y regeneración

El conocimiento de la composición química de un catalizador, suele no ser suficiente para entender su actividad catalítica. El gran número de variables que intervienen en los métodos de preparación y la relación directa entre la mayoría de ellas y el posterior comportamiento del catalizador, provocan que, generalmente, los procedimientos de elaboración sean bastante críticos y a veces, muy complejos.

Por esta causa, resulta muy difícil establecer en grado óptimo, el método de preparación del catalizador en cuestión, de acuerdo a alguna sistemática de elaboración. Alguna información sobre el procedimiento de fabricación, está contenida, casi exclusivamente, en la bibliografía de patentes.

Las patentes, U.S. 3,597,481 y la U.S. 3,642,894, son algunas de las actuales utilizadas por La Dow. La primera de ambas hace referencia a la preparación por co-precipitación de sales solubles de cobre y cromo. Mientras que, la segunda hace referencia de los catalizadores Cu-Cr que son reducidos con hidrógeno, mantenidos bajo atmósfera inerte y colocados en el reactor térmico con agua y el nitrilo [36p(69)] .

El catalizador desactivado por "envejecimiento" puede ser regenerado sin una degradación substancial. De acuerdo con las patentes antes mencionadas, el catalizador envejecido puede ser oxidado con peróxido de hidrógeno a la temperatura ambiente, o con aire a temperatura elevadas; para luego reducir con hidrógeno, excluyendo el oxígeno del sistema de reducción [36-p(69)]

6.4.4 Diseño del Reactor

Una vez establecido un mecanismo, y por lo tanto, una ecuación de velocidad, se formula la siguiente expresión:

$$\frac{V_c}{Q} = \int_{x=0}^{x=\varepsilon'} \frac{(dx)}{r}$$

A la izquierda se tiene la "ecuación integrada". Al miembro de la derecha, se le conoce como "tiempo de contacto o de residencia". En las condiciones correspondientes a una conversión dada, se comprueba, el grado de ajuste de los datos experimentales, a la ecuación -

integrada. Si éste es satisfactorio, dicha ecuación puede considerarse como la de diseño del reactor.

Para nuestro proyecto,

$$\frac{V_c'}{Q} = 1 \text{ hora} \quad [7]$$

6.4.4.1 Requerimiento de catalizador y volumen de catálisis

Con referencia al balance de materia de la figura 6.6, la alimentación al reactor (R-1), se muestra en el cuadro 6.6.

CUADRO 6.6
Alimentación a (R-1)

Espece	W (Kg/Hr)	d (Kg/lt)	Q (lt/Hr)
ACN	352.687	0.7850	449.60
H ₂ O	119.584	1	119.60
ACM-ECH	63.960	1.1150	57.70
			626.90

Puesto que $V_c'/Q = 1$ hra, entonces

$$V_c' = 626.9 \text{ lt} = 22.14 \text{ ft}^3$$

y,

$$\dot{W}_c' = 1.519 \text{ lb catalizador}$$

Considerando los espacios vacíos entre las partículas de catalizador en los tubos, se toma un 30 % adicional del volumen [48-p(303)]. Así,

$$V_c' = 28.786 \text{ ft}^3$$

6.4.4.2 Balance de energía

El flujo de entrada a (R-1), posee una temperatura (t_1), inferior a la temperatura de reacción ($t_2=212^\circ\text{F}$).

De acuerdo al balance de energía efectuado en el tanque mezclador (M-1), $t_1 = 108^\circ\text{F}$. Según el ritmo de producción de diseño, se define " q_{rxn} " como el calor generado por efecto de la reacción.

Resulta que el calor necesario (q_{req}) para elevar la temperatura de la corriente de entrada a (R-1), a la temperatura de operación de la misma, es inferior a (q_{rxn}). Consecuentemente, será necesario remover el excedente (q_{rem}) mediante agua de enfriamiento.

En el anexo C-3.4(a), se muestra el cálculo de los calores involucrados.

$$q_{rxn} = 413,464.5 \quad \text{BTU/Hr}$$

$$q_{req} = 74,287.0 \quad \text{BTU/Hr}$$

$$q_{rem} = 339,177.5 \quad \text{BTU/Hr}$$

6.4.4.3 Coefficiente global primario de transferencia de calor

Siendo la mezcla reaccionante una sustancia orgánica de viscosidad mayor a 1 cP, $U = [5 - 75]$, para un factor de obstrucción total de 0.003 [49-p(945)].

CUADRO 6.7

Coefficientes Globales Primarios de Transferencia de Calor en el Reactor

Día. Nomb.	Tubos de menor diámetro	1 ^{1/2} 18BWG	1 ^{1/2} IPS	2 IPS	2 ^{1/2} IPS	...	22 IPS	Tubos de mayor diámetro
t4 (°F) DE/DI ²		0.76531	0.733	0.557	0.472	...	0.04872	
80	U	-	-	6.32	7.46	...	72.30	U
85		-	-	6.47	7.64	...	74.00	
90		-	5.04	6.64	7.83	...	75.80	
95		-	5.17	6.81	8.03	...	-	
100		5.08	5.31	7.00	8.25	...	-	
105		5.23	5.46	7.18	8.48	...	-	

En el anexo C-3.4(b), se muestra el desarrollo analítico para la elaboración del cuadro 6.7 de coeficientes globales primarios de transferencia de calor.

Dada la naturaleza química tanto del ACN, como de la ACM, el calor excesivo o la elevación de la temperatura, característicos en reacciones exotérmicas, tendrá un efecto negativo.

Con la finalidad de operar en condiciones aproximadamente isotérmicas, mediante un adecuado sistema de enfriamiento, los tubos a emplear en el reactor, deberán ser de diámetro relativamente pequeño. En nuestro proyecto, se considera un reactor de tubos de 2" IPS, SCH 40. Además, se considera un reactor sin de flectores en posición vertical. Así, el fluido de la coraza fluye a lo largo de los tubos, con flujo análogo al del ánulo en un intercambiador de calor de doble tubo. El cálculo de la caída de presión en el lado de la coraza, será similar al del ánulo

La determinación del coeficiente de transmisión de calor por el lado de los tubos, se desarrolla con el auxilio de la gráfica de Gupta-Thodos [50-p (657)].

6.4.4.4 Coeficiente global de diseño de transferencia de calor (Ud)

Para tubos de 2"IPS SCH40, y según la mecánica de cálculo mostrada en el anexo C-3.4 (c), se determina el "Ud" para varias temperaturas de

salida del agua de enfriamiento, encontrándose que para temperaturas mayores a 90°F, el Ud resulta menor a 5, sin aproximarse a los valores primarios dados en el cuadro 6.7.

Así, se considera que el agua de enfriamiento sale del reactor a una temperatura $t_4 = 85^\circ\text{F}$.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 6.8.

CUADRO 6.8
Especificaciones

D_{si}	23.8"
diam.Nom.tubo	2"IPS, SCH40
material	Ac.Inox.304
n_t	32
(L (ft))	38.6
A (ft ²)	769.8
h_o (BTU/Hr-ft ² -°F)	22
h_{io} (BTU/Hr-ft ² -°F)	12.1
Ud (BTU/Hr-ft ² -°F)	7.63
Δt_{verd}	57.80

Consecuentemente, el primer módulo de producción requerirá un reactor tubular de dos unidades en serie, constituidos por 32 tubos de 20 ft cada unidad.

6.4.4.5 Caída de presión

La manipulación de flúidos con flujo relativamente bajo, conlleva, debido a la fricción en el flujo, a una caída de presión baja. Así,

$$- \Delta P_t = 0.345 \text{ psf}$$

$$\Delta P_s = 0.054 \text{ psf}$$

En el anexo C-3.4(d), se muestra el procedimiento de cálculo.

6.4.4.6 Altura y volumen del reactor

Para la presión de operación en cuestión, se requieren cabezales elípticos. Por lo tanto, la altura total de cada unidad en serie, será:

$$H_R = 21 \text{ ft}$$

Además, el volumen total de cada unidad, será:

$$V_R = 63 \text{ ft}^3$$

En el anexo C-3.4(e), se muestra el procedimiento de cálculo.

6.5 DISEÑO DE LOS SISTEMAS DE OPERACIONES UNITARIAS

6.5.1 Sistemas de almacenamiento

Los sistemas de almacenamiento se diseñan para la capacidad total de la planta. Esto es,

$$7000 \frac{\text{TM ACM-99.5 \%}}{\text{Año}} \quad \text{o} \quad 13,930 \frac{\text{TM ACM-50 \%}}{\text{Año}} .$$

Como agente de reacción, se requerirá:

221.86 Kg agua/Hr

De ACN, se requerirá

653.14 Kg ACN/Hr

Consecuentemente, a la capacidad total de la planta, se producirá,

875 $\frac{\text{Kg ACM-99.5}}{\text{Hr}}$

El agua de dilución requerida para obtener una solución ACM-50, viene dada por la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{agua (dilución)} &= \frac{875 \cdot \left(\frac{99.5}{100}\right)}{(50 / 100)} - 875 \\ &= 866.25 \text{ Kg/Hr} \end{aligned}$$

Por lo tanto, el ritmo de producción de ACM-50 a plena capacidad, será:

1741.25 $\frac{\text{Kg ACM-50}}{\text{Hr}}$

6.5.1.1 Tanques de acrilamida

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones de diseño [15] :

- a. presión: 1 Atm
- b. Temperatura de almacenamiento:
60 - 100°F
- c. Tiempo de almacenamiento:
menor de 6 meses

A temperaturas de almacenamiento superiores a la recomendada, disminuye la estabilidad del monómero. Por lo que, el primer indicio de polimerización se presentará en un menor tiempo. Así,

Temp (°C)	<u>Estabilidad (como monómero)</u>
50	100 días
60	11 días
80	2-3 días

d. pH: 5.6 - 6

e. Viscosidad (77°C): 2.4 - 2.6 cP

f. Material de construcción

- Tanques de almacenamiento:
acero inoxidable 304 - 316

- Conductos, ajustes, válvulas, bridas:
ac. inox. 304 - 316

Acoplamientos flexibles:
revestimientos de teflón

Resistencia a la rotura:
55000 lb/pulg²

- Eficiencia de soldadura: 78 %

- Factor de seguridad:
4 : 1

g. Geometría:

Forma cilíndrica, vertical de cabeza plana.

h. Sistema Estabilizador de la solución ACM-50:

saturación de la solución con el oxígeno del aire, más 25 - 30 ppm de ión cúprico (basado en el monómero)

i. Aereación:

el contenido de un tanque se debe "regar" contínua mente con aire, a través de un aro regador imple - mentado, de aproximadamente $2/3$ el diámetro del tanque, colocado a un pie (1 ft) sobre el fondo del mismo. El flujo de aire debe ser $1/3 - 2/3$ cfm por 1000 Gal. de capacidad de almacenamiento. El burbujeo debe ser suficiente para mantener oxígeno en la solución y para agitarla suavemente, pero no para causar evaporación del agua.

j. Otras consideraciones:

Es recomendable un sistema de recirculación del contenido de los tanques de almacenamiento, a través de un intercambiador de calor. La razón, es un mejor control de la temperatura de la solución almacenada de ACM

Un tanque de almacenamiento debe ser rodeado por un dique de concreto. El dique debe ser adecuado para contener toda la capacidad del tanque en ca so que éste falle.

- Los tanques no deben ser llenados más del 75 % de su capacidad, para permitir espacio suficiente para el contacto de la solución con el aire, y para permitir una cabida adecuada para el "Quench" con agua y el inhibidor, en caso de la iniciación accidental de la polimerización, puesta de mani -

fiesto por la rápida elevación de la temperatura. El "Quenching" debe ser implementado rápidamente cuando sea necesario, ya sea adicionando la solución de SO_4Cu al sistema de recirculación de tanque, o directamente al tanque, en caso que el lazo de recirculación se encuentre obstruído.

El sistema de almacenamiento de ACM, lo conforman las siguientes unidades:

1. tanques de dilución Tk-6-7, en los que se diluye la ACM obtenida al 99.5 %, a una solución al 50 % en peso.
2. tanques de recepción del producto (ACM-50) Tk-8-9-10.

En el Cuadro 6.9 se muestra el diseño de cada uno de los tanques especificados. El procedimientos de cálculo se muestra en el anexo C-4.1 (a).

6.5.1.2 Tanques de Acrilonitrilo

Se presentan consideraciones de diseño similares a las correspondientes a los tanques de ACM; señalados en el punto 6.5.1.1, a excepción del sistema de estabilización, aereación, y tiempo de polimerización a temperaturas de almacenamiento superiores a las recomendadas.

En planta se tendrán dos tanques de abastecimiento de ACN (Tk-4-5). Cada uno de éstos, asegurará 24 horas de disponibilidad de la materia prima. Un tercer tanque, de mayor tamaño (Tk-ACN), asentado en la zona

a Petro Perú para la recepción del ACN importado. Dicho tanque asegurará una disponibilidad de materia prima por 15 días.

En el Cuadro 6.9, se muestra el diseño de cada uno de los tanques especificados. El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.1(b).

6.5.1.3 Tanques de Agua Desionizada

El sistema de almacenamiento de agua desionizada, consta de tres tanques: Tk-1-2-3

En el cuadro 6.9, se muestra el diseño de cada uno de ellos. El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.1(c).

6.5.1.4 Tanque de Inhibidor de Polimerización

El tanque Tk-11 tiene por objeto almacenar una solución de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ que pueda disponerse rápidamente en caso de que se inicie la polimerización accidental de la solución ACM-50, puesta de manifiesto por una rápida elevación de la temperatura. Se recomienda [15-p(8)] :

4 lb $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ /1000 Gal ACM-50

En el cuadro 6.9, se muestra el diseño de dicho tanque. El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.1(d).

CUADRO 6.9

Especificaciones de los Tanques de Almacenamiento

Descripción	Tk-1	Tk-2-3	Tk-4-5	Tk-ACN	Tk-6-7	Tk-8-9-10	Tk-11
Forma	c.c.p.	c.c.p.	c.c.p.	c.c.p.	c.c.p.	c.c.p.	c.c.p.
Presión (Atm)	1	1	1	1	1	1	1
Temperatura (°F)	77	77	77	77	110.7	85	77
Tiempo almacenam.(día)	3	3	1	15	8 hr.	4	-
Cap.Máx.Liq.(lt)	78,343	15,974	19,549	293,913	13,382	160,578	180,650
Cap.de diseño (lt)	104,457	21,299	26,126	391,884	17,842	214,104	200,723
Diámetro (Mt)	4	2.5	3	8	2.5	6	6
Altura (Mt)	8.3	4.3	3.7	7.8	3.6	7.6	7.1
Diám.Aro Regad.(Mt)	-	-	-	-	1.66	4	-
Diám.tubo aro regador	-	-	-	-	1/8"	1/2"	-
Aire de burbujeo (cfm)	-	-	-	-	3.14	37.7	-
Espesor pared calc.(mm)	2.65	0.86	0.70	4	0.75	3.77	3.38
Sobre-espesor corr.(mm)	0.525	0.728	2.475	2.35	2.425	2.58	2.97
Espesor diseño (pulg)	1/8"	1/16"	1/8"	1/4"	1/8"	1/4"	1/4"
Peso (Kg)	13,610	3,547	3,609	33,746	2,432	24,332	22,366
Material: Acero Inox.	304	304	316	316	304-316	304-316	304

C.C.P.: cilíndrico de cabeza plana

6.5.2 Sistema de Mezcla por Agitación

Un tanque mezclador constituye el sistema de mezcla por agitación.

El tanque mezclador (M-1), se diseña para la capacidad total de la planta.

Puesto que el objetivo principal es el de lograr la mezcla eficaz de todos los fluidos que intervienen, es importante el tipo de rodete a utilizar.

Por el tipo de flujo que producen (flujo axial y radial), los rodetes tipo Hélice y Turbina se muestran eficaces para la mezcla por agitación.

Se presenta otro componente de flujo (componente rotacional o tangencial) que promueve el flujo circulatorio que, en un tanque sin placas deflectoras, origina remolinos y la formación de un vórtice superficial tipo "campana" invertida, perjudiciales para el efecto de mezcla.

Generalmente, cuando el eje del agitador es vertical y está dispuesto en el centro del tanque, dicho componente tangencial de la velocidad es perjudicial para la mezcla.

Instalando Placas Deflectoras en la pared del tanque, se impide el flujo rotacional, sin afectar el flujo radial y longitudinal, evitándose remolinos y la formación de vórtice.

El cálculo se ha hecho para un agitador de Hélice dispuesto en el centro del tanque.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones de diseño [50-p(251-263)]:

- a. Tanque cilíndrico vertical con fondo de bordes redondeados, con el fin de eliminar regiones en las cuales no penetrarían las corrientes de fluido.
- b. Cuatro placas deflectoras perpendiculares a las paredes del tanque, para evitar remolinos y la formación del vórtice superficial, resultantes del flujo rotacional.
- c. El diámetro de los agitadores de Hélice, raramente es mayor de 45 cm., independientemente del tamaño del tanque.
- d. El rodete inferior se monta a una distancia aproximadamente igual al diámetro del rodete, sobre el fondo del tanque.
- e. La altura líquida es igual o ligeramente mayor que el diámetro del tanque.
- f. El rango de variación de la velocidad del rodete tipo hélice, oscila entre 200 - 2200 rpm [52].

En el cuadro 6.10 se muestra el diseño del tanque mezclador (M-1). El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.2

6.5.3 Sistema de Separación Líquido-Vapor

Un recipiente de destilación "Flash" constituye el sistema de separación líquido-vapor. En aquél, se separa el agua y el ACN que no han reaccionado, para ser reciclados a (M-1). El líquido residual

CUADRO 6.10

Especificaciones del Tanque Mezclador

(M-1)

Forma	C.B.R.
Tiempo para la mezcla (seg)	31.2
Diámetro interior del tanque (ft)	4
rodete	T.H. de 3 palas
Velocidad del rodete (rpm)	312
Diámetro de rodete (ft)	1.2
Número de placas deflectoras	4
Ancho de las placas deflectoras (ft)	0.4
Altura de líquido en tanque (ft)	4
Capacidad máxima de líquido (Mt ³)	1357
Capacidad de diseño del tanque (Mt ³)	1597
Altura del tanque (ft)	4.7
Espesor calculado de pared (mm)	0.12
Sobre-espesor para corrosión (mm)	1.47
Espesor del diseño (pulg)	1/16
Peso del recipiente (Kg)	390
Potencia teórica del motor requerida/4000 lt	3.16 C.V.
Material: Acero inoxidable	304-316

C.B.R.: cilíndrico, con bordes redondeados

T.H. : tipo hélice

(ACM-99.5 %), pasa a la etapa de dilución.

Se conoce la temperatura de operación: $t=125^{\circ}\text{C}$. La presión de vacío y la composición de las corrientes que ingresan y salen del recipiente, se han determinado en el acápite 6.3.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones de diseño [53-p(1381)] :

- a. Nivel mínimo (NM) a 15 cm por encima del fondo
- b. Volumen entre el nivel mínimo y el nivel bajo (NB) correspondiente a 5 minutos de caudal líquido.
- c. Volumen entre el nivel bajo y el nivel alto (NA), correspondiente a 10 minutos de caudal líquido.
- d. Volumen entre el Nivel Alto y el Nivel Máximo, correspondiente a 5 minutos de caudal líquido.
- e. Entrada del flujo de alimentación a 45 cm por encima del Nivel Máximo.
- f. La altura por encima de la entrada de la alimentación, será superior a 50 cm.

En el cuadro 6.11, se muestra el diseño del recipiente de separación (F-1). El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.3.

CUADRO 6.11
Recipiente de Separación (F-1)

Forma	c.v.c.se
Presión de operación (mmHg)	37.4
Temperatura de operación (°C)	125
Tiempo de residencia líq. (mín)	20
Diámetro del recipiente (ft)	0.93
Entre NM y la entrada aliment. (ft)	8.66
Long. recipiente sin cabezales (ft)	11
Altura de cada cabezal (ft)	1/2
Altura total del recipiente (ft)	12
Espesor calculado de pared (mm)	0.052
Sobre-espesor por corrosión (mm)	1.5355
Espesor de diseño (pulg)	1/16
Peso (Kg)	101
Material: Acero Inoxidable	304-316

c.v.c.se.: cilíndrico vertical de cabezales semi-esféricos

6.5.4 Sistema de Intercambio Iónico para la Desmineralización del agua

El agua de una resina intercambiadora de cationes (resina catiónica), con las resinas intercambiadoras de aniones fuertemente básicas, producen agua de excelente calidad para ser usada en el proceso.

Se han considerado la Amberlite IRA-120 Plus (Resina Catiónica) conjuntamente con la Amberlite IRA-410

(Resina Aniónica), para ser usadas en el equipo de Desionización, en lechos separados.

A continuación se dan algunas características y condiciones de operación recomendadas para con ambas resinas (ver cuadro 6.12).

En el cuadro 6.13, se muestra el diseño del sistema de intercambio iónico. El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.4.

6.5.5 Sistemas de Transferencia de Calor

6.5.5.1 Intercambiadores de Calor

Con fines particulares, se requieren de tres intercambiadores de Calor de tubos concéntricos.

- Intercambiador de Calor (I-1): tiene por función acondicionar la mezcla líquida, proveniente del Reactor (R-2), a la temperatura de operación del Recipiente de Separación (F-1). El medio de calefacción es vapor saturado a 67 psia y 300°F.

- Intercambiador de Calor (I-2): tiene por función enfriar el efluente líquido del recipiente (F-1), de 257°F, antes de ingresar al tanque de dilución 6 ó 7.

El medio enfriamiento es agua a 77°F.

Intercambiador de Calor (I-3): Tiene por función enfriar la solución ACM-50, proveniente del tanque Tk-6 o Tk-7, de 110.7°F a 85°F, antes de ser almacenada en el tanque Tk-8,9 ó 10.

CUADRO 6.12

Características de las Resinas de Intercambio Iónico Utilizadas

Descripción	IRA 120 Plus	IRA 410
1. Características Físicas e Hidráulicas		
Forma	Partículas esféricas	Partículas esféricas
Tamaño de malla (humedad)	10 - 50 mallas (norma U.S.)	20 - 50 mallas (norma U.S.)
Contenido de humedad	44 - 48 %	38 - 43 %
Tamaño efectivo (mm)	0.47 - 0.62	0.41 - 0.48
Densidad (lb/ft ³)	48 - 54	42 - 48
Volumen vacío	35 - 40 %	35 - 40 %
Pérdida de presión	fig. 6.8	fig. 6.10
Característ. de contralavado	fig. 6.9	fig. 6.11
2. Condiciones de Operación Sugeridas		
pH	1 - 14	1 - 14
Temperat. máxima (° C)	120°	40° (forma-OH)
Altura mínima de lecho cm (pulg)	60 (24)	60 (24)
Expansión lecho contralado	50 - 75 %	50 - 75 %

CUADRO 6.12
(Continuación)

	<u>Ciclo Hidrógeno</u>	<u>Ciclo Hidróxido</u>
Concentración de Regenerante	10 % HCl, o 1 - 5 % H ₂ SO ₄	4 % NaOH
Flujo regenerante	0.5 - 1 $\frac{\text{GPM}}{\text{ft}^3\text{res.}}$ (4 - 8 VR/Hr)	0.5 - $\frac{\text{GPM}}{\text{ft}^3\text{res.}}$ (4 VR/Hr)
Nivel eficiente de regeneración	15 $\frac{\text{lb H}_2\text{SO}_4}{\text{ft}^3\text{resin}}$	11.25 $\frac{\text{lb NaOH}}{\text{ft}^3\text{resin}}$
Capacidad de operación eficiente $\left(\frac{\text{granos CaCO}_3}{\text{ft}^3\text{resina}}\right)$	30,000	22,500
Requerimiento de agua de contralavado	7.5 Gal/ft ³ res. (1 VR)	7.5 Gal/ft ³ res. (1 VR)
Flujo de enjuague	2 GPM/ft ³ res. (16 VR/Hr)	2-4 GPM/ft ³ res. (16-32 VR/Hr)
Requerimiento de agua de enjuague	25-75Gal/ft ³ res (3.4-10.1 VR)	75 Gal/ft ³ res. (10.1 VR)
Flujo de agua en la Absorción	1.5 - 3 GPM/ft ³ res.	1.5 - 3 GPM/ft ³ res.

Fuente: Rohm & Haas Latin - America. INC.

CUADRO 6.13

Especificaciones del Sistema de Intercambio Iónico para el Agua

Descripción	R. Catiónica	R. Aniónica
Temperat. de Operac. (°C)	25	25
1. <u>Contralavado</u>		
% Expansión	70	64.7
GPM/ft ² (GPM/ft ³ resina) Ver Fig. 6.10 y 6.11	8.5 (2.93)	3.33 (1.15)
Flujo (GPM)	18.18	9.44
Tiempo (min)	2.56	6.56
2. <u>Regeneración</u>		
Concentración de regen .	3 % H ₂ SO ₄	4 % NaOH
Nivel de regenerac.	15 $\frac{\text{lb H}_2\text{SO}_4}{\text{ft}^3\text{res.}}$	11.25 $\frac{\text{lb NaOH}}{\text{ft}^3\text{res.}}$
Requerimiento volumétrico (Gal/ft ³ resina)	59	32.4
GPM/ft ³ resina	0.91	0.50
Flujo (GMP)	5.633	4.125
Tiempo (min)	65	65
3. <u>Enjuague</u>		
GPM/ft ³ resina	2	3
Flujo (GMP)	12.38	24.75
Requerimiento (Gal/ ft ³)	50	75

CUADRO 6.13
(Continuación)

Descripción	R. Catiónica	R. Aniónica
4. <u>Absorción</u>		
Dureza de agua (CO ₃ Ca)	400	400
GPM/ft ³ resina	2.80	2.10
Flujo (GPH)	1040	1040
Tiempo (Hr)	7.63	7.63
Tiempo de Ciclo Diario (Hr)	9.17	9.24

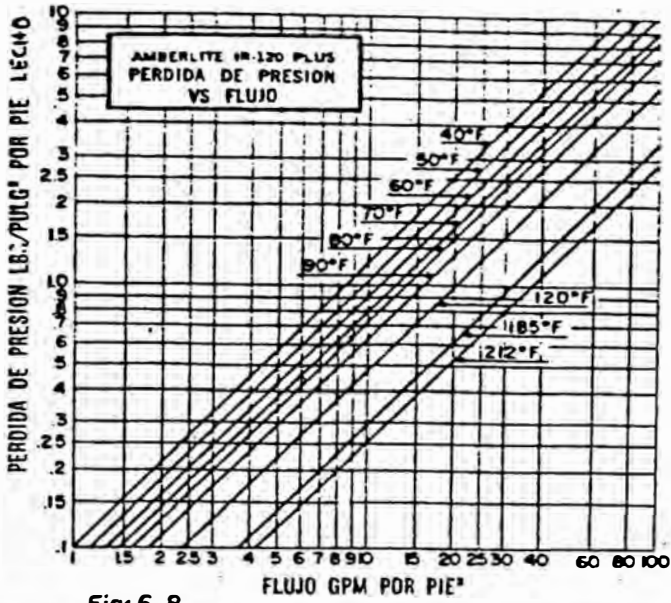


Fig. 6-8.

CONVERSION METRICA: $m/Hr. = GPM/pie^2 \times 2.45$
 $mH_2O/m \text{ resina} = lbs/pulg^2 \times 2.3$

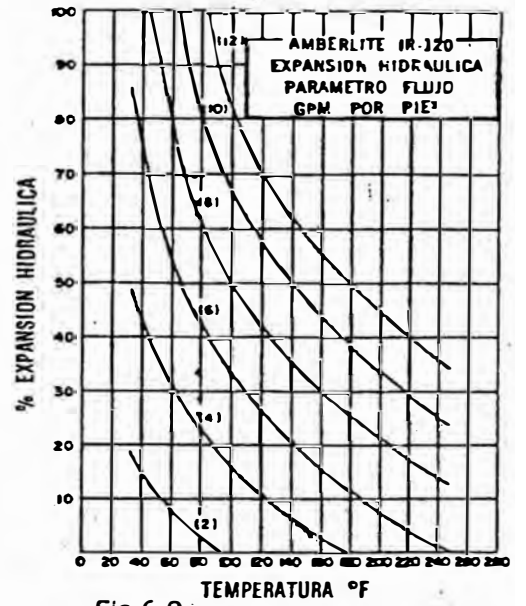
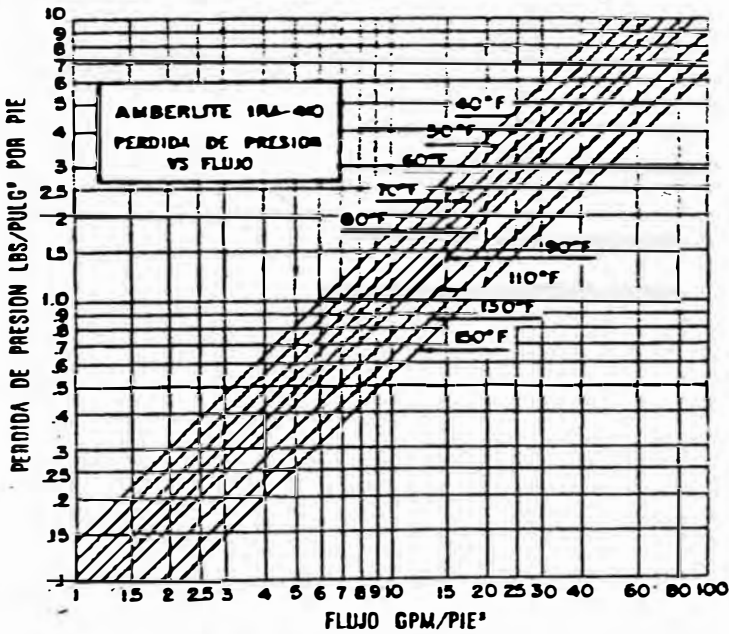


Fig. 6-9.



CONVERSION METRICA $m/Hr = (GPM/PIE^2) \times 2.45$
 $mH_2O/m \text{ resina} = LBS/PULG^2 \times 2.3$

Fig. 6-10.

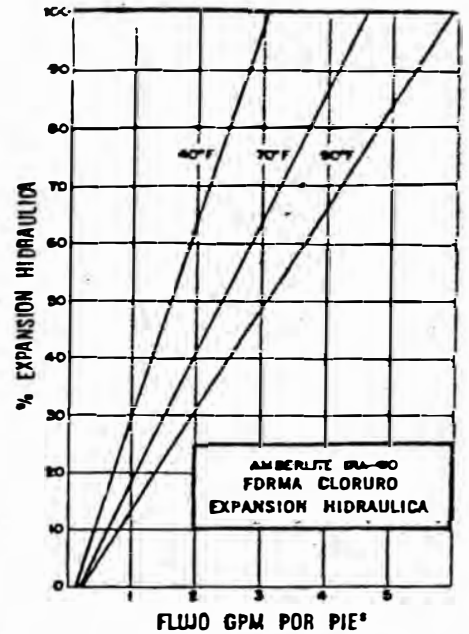


Fig. 6-11.

El medio de enfriamiento es agua a 80°F, proveniente de (I-2)

Las especificaciones de cada uno de estos intercambiadores de Calor, se muestra en el cuadro 6.14.

El procedimiento de cálculo se muestra en el anexo C-4.5(a),)b), (c).

6.5.5.2 Torre de Enfriamiento

Tiene por función, acondicionar el agua de enfriamiento de recirculación para el Reactor (R-1-2) y para los Intercambiadores de Calor (I-2) (I-3).

Es de tiro mecánico inducido, a contracorriente.

Se tienen en cuenta las siguientes consideraciones de diseño [43-p(12-25 y siguientes)] :

- a. Por cada 6°C de efecto refrigerante, se pierde, aproximadamente, el 1 % de agua por evaporación.
- b. Debido al rociado del agua, se considera un a pérdida no mayor al 0.2 % en las torres de tiro natural o mecánico.
- c. El sistema de distribución del rociado por arriba, en las torres de tiro mecánico inducido, conlleva a un aumento de 2.4Mt a 2.7Mt en la altura de la torre, sobre la del Tipo Atmosférico.
- d. La Potencia del Ventilador es bastante sensible a pequeños cambios del área de la sección de la Torre. Esta obliga a proyectar la Torre con una su-

CUADRO 6.14

Especificaciones de los Intercambiadores de Calor

Descripción	I-1	I-2	I-3
Tipo	tubos concéntricos	tubos concéntricos	tubos concéntricos
Diámetro de tubo exterior	2" IPS	2" IPS	2" IPS
Diámetro de tubo interior (SCH 40)	1 1/4"	1 1/4"	1 1/4"
Material: Acero Inoxidable	304	304-316	304-316
h _{io} (BTU/Hr-ft ² -°F)	condensación vapor: 1500	calentamiento agua: 647	calentamiento agua: 668
h _o (BTU/Hr-ft ² -°F)	21.3	10.2	291.4
U _c (BTU/Hr-ft ² -°F)	21.0	10.0	203.0
Número borquillas en serie	2	1 1/2	6
Longitud lineal de tubo (ft)	48	45	144

CUADRO 6.14

(Continuación)

Descripción	1-1	1-2	1-3
Area de transferenc.de calor (ft ²)	20.88	19.60	62.40
Ud (BTU/Hr-ft ² -°F)	19.40	9.78	134.50
Factor de obstrucción: Rd (Hr-ft ² -°F/BTU)	0.0038	0.0022	0.0025
Caída de presión en el tubo (- Δ Pt)	0.864 psf	1.07 psi	3.4 psi
Caída de presión en el ánulo (- Δ Pa)	0.214 psi	0.82 psi	9.6 psi

perficie de terreno ligeramente en exceso (un 10%)
O sea, que el porcentaje del resultado de funciona-
miento normal de la torre, será 90 %.

El cuadro 6.15, muestra las especificaciones de la
Torre de Enfriamiento (TE-1). El procedimiento de
cálculo se muestra en el anexo C-4.5(d).

6.5.6 Sistemas de Conducción de Flúidos:
Tuberías y Accesorios

En el Cuadro 6.16, se muestran las especi-
ficaciones pertinentes.

6.5.7 Sistemas de Manipulación y Acondiciona-
miento de Flúidos

6.5.7.1 Bomba de Vacío (Bv-1)

Tiene por función poner en movi-
miento a la fase vapor proveniente del "Flash Drum"
(F-1); y también, de acondicionarlo en cuanto a la pre-
sión y a la temperatura para que pueda tener acceso al
tanque Mezclador (M-1), sin sufrir alteración de su na-
turaleza físico-química.

En el cuadro 6.17, se muestra sus especificacio-
nes. El procedimiento de cálculo se muestra en el a-
nexo C-4.6(a).

CUADRO 6.15
Especificaciones de la Torre de
Enfriamiento (TE-1)

Tipo	T.M.I.C
Temperatura caliente (.C)	30
Temperatura fría (°C)	25
Temperatura de bulbo húmedo en la zona (°C)	21
Flujo de agua (lt/min)	392.1
Pérdida de flujo (%)	1.2
Pérdida de flujo (lt/min)	4.7
Area de la sección mínima necesaria (Mt ²)	3.14
Area superficial (Mt ²)	3.49
Altura total (Mt)	11.5
Potencia Teórica del Ventilador (HP)	1.18
Tipo de Boquillas para el rociado	C.C.
Número de Boquillas	7
Presión de eyección (Kg/cm ²)	1.52
Capacidad de las Boquillas (lt/min)	52
Altura del Depósito inferior de torre (Mt)	1

T.M.I.C.: Tiro Mecánico Inducido, a Contra-corriente

C.C.: Cuerpo Corto

CUADRO 6.16
Tuberías y Accesorios

Tramo de Tubería	Flujo (Kg/Hr)	T (°F)	Diám. (pulg)	Célula	Antes de Bomba					Después de Bomba						
					L (Mt)	C	T	VC	VG	L (Mt)	C	T	VC	VG	V _{ch}	V _s
(Tk-2) - (M-1)	110.93	77	3/8	80	5	4	1	1	1	16	5	-	1	1	-	-
(Tk-3) - (M-1)	110.93	77	3/8	80	10	5	1	1	1	16	5	-	1	1	-	-
(Tk-4) - (M-1)	326.57	77	3/4	80	5.5	4	1	1	1	37	9	-	1	1	-	-
(Tk-5) - (M-1)	326.57	77	3/4	80	10	5	1	1	1	37	9	-	1	1	-	-
(M-1) - (R-1)	536.23	108	1	40	1.5	1	-	-	1	12.5	7	1	1	1	-	-
(R-1) - (R-2)	536.23	212	3/4	40						11	6	-	1	-	-	-
(R-2) - (I-1)	536.23	212	3/4	40						3.5	3	-	1	-	-	-
(I-1) - (F-1)	536.23	257	3/4	40						5	4	-	1	-	-	-
(F-1) - (I-2)	437.50	257	1/2	40	1	1	-	-	1	2	4	-	-	1	-	-
(I-2) - (Tk-6)	437.50	194	1/2	40						13	7	2	2	-	-	-
(I-2) - (Tk-7)	437.50	194	1/2	40						18	8	2	2	-	-	-

CUADRO 6.16

(Continuación)

Tramo de Tubería	Flujo (Kg/Hr)	T (°F)	Diám. (pulg)	Célula	Antes de Bomba					Después de Bomba						
					L (Mt)	C	T	V _C	V _G	L (Mt)	C	T	V _C	V _G	V _{gh}	V _s
(Tk-6) - (I-3)	2,321.6	110.7	1 1/4	40	2.5	4	1	1	1	4.5	5	1	1	1	-	-
(Tk-7) - (I-3)	2,321.6	110.7	1 1/4	40	7.5	5	1	1	1	4.5	5	1	1	1	-	-
(I-3) - (Tk-8)	2,321.6	85	1/1/4	40						53	9	2	3	-	-	-
(I-3) - (Tk-9)	2,321.6	85	1 1/4	40						70	9	3	3	-	-	-
(I-3) - (Tk-10)	2,321.6	85	1 1/4	40						82	10	3	3	-	-	-
(F-1) - (Bv-1)	98.73	257	3/4	40	6	7	-	1	-							
(Bv-1) - (M-1)	98.73	257	3/8	40						13	7	1	2	-	1	1
(P-2) - (Tk-1)	3,937	77	1 1/2	80	2	4	-	-	1	45	20	8	7	1	-	-
(Tk-1) - ("a")	1450.8	77	1 1/4	40	2	4	-	1	1	1	2	-	-	1	-	-
("a") - (Tk-2)	295.80	77	1/2	40						30	6	2	1	-	-	-
("a") - (Tk-3)	295.80	77	1/2	40						25	5	2	1	-	-	-

CUADRO 6.16

(Continuación)

Tramo de Tubería	Flujo (Kg/Hr)	T (°F)	Diám. (pulg)	Célula	Antes de Bomba					Después de Bomba						
					L (Mt)	C	T	V _C	V _G	L (Mt)	C	T	V _C	V _G	V _{ch}	V _s
("a") - (Tk-6)	1,155	77	1	40						21	3	2	1	-	-	-
("a") - (Tk-7)	1,155	77	1	40						26	4	2	1	-	-	-
Líneas Auxiliares de Agua de Enfriamiento																
(P-2) - (TE-1)	282	77	1/2	40	2	4	-	-	1	37	5	1	1	1	-	-
(TE-1) - ("b")	23,527	77	3 1/2	40	1	4	-	-	1	2.5	4	-	-	1	-	-
("b") - (R-1)	19,272	77	3	40						11	5	1	1	-	-	-
(R-1) - (R-2)	19,272		3	40						11	3	-	2	-	-	-
(R-2) - ("c")	19,272	85	3	40						10	3	-	1	-	-	-
("b") - (I-2)	4,255	77	2	40						26	8	1	1	-	-	-
(I-2) - (I-3)	4,255	80	2	40						9	4	-	2	-	-	-
(I-3) - ("c")	4,255	90	2	40						19	4	-	1	-	-	-
("c") - (TE-1)	23,527	86	3 1/2	40						20	6	1	1	-	-	-

CUADRO 6.16

(Continuación)

Tuberías y Accesorios

Descripción:

L	:	Longitud de tubería
C		Número de codos
T		Número de T's
V_C		Válvulas compuerta
V_G		Válvulas Globo
V_S		Válvulas de Seguridad
V_{ch}	:	Válvulas Check
"a"	:	T de bifurcación de la corriente de agua desionizada procedente de Tk-1
"b"		T de bifurcación de la corriente de agua de enfriamiento procedente de TE-1
"c"		T de unión de las corrientes de agua de enfriamiento hacia TE-1

CUADRO 6.17
Bomba de Vacío (Bv-1)

Tipo	C.R.
Exponente Isoentrópico	0.167
Razón de Compresión	2.12
No.Etapas Compresión	4
Eficiencia Adiabática Global	0.80
Presión Succión (mmHg)	37.4
Presión Descarga (mmHg)	762.6
IHP Total (HP)	7.04
BHP Total (HP)	8.82

C.R.: Compresor Reciprocante

6.5.7.2 Bombas Centrífugas

Primero, se procede a determinar la "Altura de Columna Líquida" de cada bomba Centrífuga (Head Total). Ver anexo C-4.6(b).

Seguidamente se procede a especificar a cada una de ellas. Ver Cuadro 6.18

6.6. INSTRUMENTACION Y CONTROL DEL PROCESO

La obtención industrial de ACM de alta calidad, requiere de un eficiente control de las variables que necesitan ser controladas en cada etapa del proceso, - desde la etapa de Desmineralización del agua, hasta el almacenamiento del producto.

CUADRO 6.18

Especificaciones de las Bombas Centrífugas

Especificaciones	Bc-1	BC-2	BC-3	BC-4	BC-5	BC-6	BC-7	BC-8
No.Unidades	1	1	1	1	1	1	1	1
Tipo (Norma ISO)	50-32-160						50-32-125	
Fluido manipul.	agua	ACN	mezcla	ACM-99.5%	agua	ACM-50%	agua	agua
T° Fluido (°F)	77	77	108	257	77	110.7	77	77
P.Vapor (mmHG)	23.6	102.6	58.8 ⁺	16	23.6	52	23.6	23.6
Viscosidad (cP)	0.94	0.40	1	0.8	0.94	1.64	0.94	0.94
Grav. Específic.	1	0.80	0.873	1.05	1	1.03	1	1
Flujo (lb/min)	144.4	11.97	19.70	16.04	53.2	85.1	862.7	10.34
GPM	17.34	1.80	2.70	1.83	1.4	9.94	103.6	1.24
Ht (lbt-ft/lbm)	49.20	8.48	186.40	40.10	39.5	55.95	60.9	35.60
P. Succión (psi)	12.60	14.60	16.50	4.5	17.5	13.90	15.8	10.90
P. Descarga (psi)	33.60	17.50	87	22.7	34.7	38.90	37.2	26.10
LHP (HP)	0.22	0.0031	0.11	0.02	0.064	0.144	1.6	0.011
Tipo Impulsor	C.A.R	C.A.R.			C.A.R.	C.A.R.	C.F.M.	

CUADRO 6.18

(Continuación)

RPM	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540	3540
Veloc. Específica	793.5	956	115.3	300.5	568.7	545.6	1,652.80	270.5
Eficiencia Bomba	50 %	46 %	60 %	56 %	53 %	53 %	38 %	56 %
BHP (HP)	0.44	0.0067	0.183	0.036	0.12	0.27	4.2	0.02
Eficiencia Motor	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %	90 %
P. Motor Calc.(HP)	0.59	0.0090	0.244	0.05	0.16	0.36	5.6	0.027
P. Arranque(HP)	1.77	0.027	0.732	0.15	0.48	1.08	16.8	0.081
HP. máx. absorbid.	1.10						6.6	
Consumo eléc. (Kw)	0.365	0.0056	0.152	0.03	0.10	0.224	3.5	0.01650
P(lb/pulg ²)	0	0	0	0	0	0	0	0
C (ft)	-6	0.5	4.9	9.3	10.5	0	3	-6
Hf _{bp} (ft)	1.93	1	0.24	0.95	3.6	1.64	1.70	4.95
NPSH disponib(ft)	25	36.3	40.80	9.25	39.9	29.20	34.20	22

Descripción:

Ht :

RPM:

BHP :

Altura de columna líquida

Revoluciones x minuto del impulsor

Potencia de la Bomba

$$BHP = LHP/\eta_p$$

$$LHP = \frac{Ht \times \text{Flujo (lb/min)}}{33000 \left(\frac{\text{lb-ft/min}}{HP} \right)}$$

LHP: Caballaje Líquido

η_p : Eficiencia de la Bomba

("Cameron Hydraulic Data")

CUADRO 6.18

(continuación)

Especificaciones de las Bombas Centrífugas

Descripción

Ns : Velocidad Específica

$$N_s = \frac{\text{RPM} \times \text{GPM}^{0.5}}{H_f^{0.75}}$$

Potencia Teórica del Motor

$$= \frac{\text{BHP}}{n_M} \times 1.2$$

Potencia de Arranque = 3 x Pot. Teórica del Motor

P : Presión Adicional sobre el nivel de Succión de la Bomba

C : Altura física más desfavorable del nivel de Succión

Hf_{bp}: Pérdida total por rozamiento en la Tubería de succión hasta el ingreso del fluido a la Bomba

NPSH: Carga Positiva Neta de Succión (N"Net Positive Suc ción Head")

$$\text{NPSH} = \frac{(P + \text{Pres. Atm.}) - P. \text{ Vapor} \times 2.316}{\text{Gravedad Específica}}$$

$$\underline{\quad} + C - H_{f_{bp}}$$

Los instrumentos de Control a utilizar, serán del tipo neumático. El aire necesario es suministrado exento de aceite y humedad para evitar obstrucciones y corrosión. El aire actuará sobre válvulas de diafragma normales, con una presión que oscila entre 15 - 20 psig.

a. Control del Suministro de ACN y Agua al Tanque Mezclador (M-1)

Se hace uso de un Controlador de Flujo "FC", tanto en la línea de agua como en la de ACN, adyacentes al Tanque mezclador que aseguren la mezcla de cantidades estequiométricas pre-determinadas de los reactantes.

Los Tanques de Agua y ACN que alimentan el proceso requieren sólo de Indicadores de Nivel. Los de ACN requieren, adicionalmente, indicadores de Temperatura para verificar la estabilidad del compuesto.

b. Tanque Mezclador (M-1)

Puesto que las corrientes de ACN, Agua y la corriente de reciclaje que ingresan a (M-1), están controladas, dicha unidad de operación requiere tan sólo, de Indicadores de Nivel y de Temperatura. La corriente de reciclaje, proveniente de (F-1), es controlada en esta última unidad de operación.

c. Control de la Alimentación de la Mezcla Reaccionante al Reactor

Por lo antes mencionado, se requiere sólo del uso

de un Controlador-Registrador de Flujo "FRC" en la línea de salida de (M-1), que asegure una alimentación constante al Reactor.

d. Reactor (R-1-2)

La falta de control de la temperatura, flujo, y presión en estas unidades del proceso, repercute negativamente sobre la actividad catalítica, la conversión, el rendimiento y calidad del producto.

La temperatura se controla mediante la regulación del flujo de agua de enfriamiento, de tal manera que la temperatura del efluente de (R-2), sea 212°F. El control de la temperatura y el Flujo conlleva, evidentemente, a asegurar una presión constante en el Reactor, verificándose ésta mediante Indicadores de Presión.

e. Intercambiador de Calor (I-1)

La temperatura del flujo de entrada a (I-1), corresponde a la temperatura controlada del flujo de salida de (R-2). Por lo tanto, se controla la temperatura de salida de dicho Intercambiador, regulando el vapor utilizado, mediante un Controlador-Registrador de Temperatura "TRC".

f. Recipiente de Separación (F-1)

Considerando que el flujo de vapor no afecta el nivel de líquido y que el flujo de líquido no tiene influencia sobre la presión, es obvio el arreglo de los lazos de control:

- Un Controlador Indicador de Nivel "LIC", para mantener un nivel constante de líquido, y
- Un Controlador-Registrador de Presión "PRO", que proporcione una corriente controlada de reciclo.

Adicionalmente, esta unidad de operación requiere de Indicadores de Presión y Temperatura.

g. Bomba de Vacío (Bv-1)

El sistema de control para esta unidad de operación se fundamenta en el Flujo Mínimo tolerante para valores pre-establecidos de la presión de descarga y succión. La alteración de estas magnitudes, originaría una situación de vibración de la unidad.

Cuando se aproxima una situación de vibración, un "FRC" empezará a abrir un "by-pass", que conecta a las líneas de entrada y salida de (Bv-1), incrementando el flujo, reduciendo la presión de descarga e incrementando la presión de succión; todo simultáneamente, previniendo positivamente la fibrición.

Para permitir algún margen de seguridad, se establece la razón "k".

h. Intercambiadores de Calor (I-2), (I-3)

Estos Intercambiadores de Calor se encuentran inter-conectados por el agua de enfriamiento. Consecuentemente, no podemos establecer un lazo de control de la temperatura del efluente de proceso de (I-2), ni de (I-3), con el agua de enfriamiento. Lo que se hace es mantener mediante un "FC", el flujo de agua de enfriamiento en el valor pre-establecido.

Asimismo, mediante un "FRC", se mantiene constante el flujo del fluido de proceso en (I-3).

Todo esto conllevará a valores aproximados de las temperaturas pre-determinadas para los efluentes de proceso de (I-2) e (I-3). Esto, no tiene mucha importancia, ya que tanto en los Tanques de Dilución, como en los Tanques de Almacenamiento del producto, la temperatura se regula manipulando el aire de burbujeo.

i. Tanques de Dilución y Almacenamiento (Tk-6-7-8-9-10)

Para una temperatura mayor de 60°F y menor de 100°F el Sistema Estabilizador de la solución ACM-50, es el ión cúprico (25 - 30 ppm, basado en el monómero de ACM), más el oxígeno del aire.

Se debe mantener una cantidad adecuada de oxígeno disuelto en la solución, bajo condiciones normales de almacenamiento. Por esta razón, los tanques de dilución y almacenamiento, estarán continuamente regados de aire.

Por otra parte, cambios en el pH a valores mayores de 6, reducirá la cantidad de ión cúprico utilizable para la inhibición. Además, un pH menor que 5.2, incrementa la tendencia de la solución a polimerizar.

Por lo expuesto, se debe establecer el control de la temperatura, pH, y el riego con aire, para prevenir la polimerización prematura de la solución ACM-50 en los tanques.

Control del pH

Los Tanques Tk-8-9-10, requieren de un Elemento Primario de Medición, que comuniquen una señal a un Controlador Registrador de pH "pHRC". Este controlador se encargará de accionar convenientemente una válvula de ajuste del pH.

Los Tanques Tk-6-7, requieren, tan solo, de un Indicador de pH.

El pH deberá chequearse por lo menos, todo segundo día.

Cuando sea necesario, el ajuste del pH podrá hacerse con una solución cáustica al 10 %, o con una solución de ácido sulfúrico al 10 %.

- Control del "Riego" con Aire

Se asegura aereación constante mediante un "FRC" Asimismo, el flujo de aire deberá ser controlado por la temperatura de la solución, mediante un "TRC. Además, se debe implementar una Alarma para señalar la discontinuación del flujo de aire. La implementación de otra Alarma, servirá para señalar la temperatura excesiva de la solución.

Por otra parte, deberá chequearse el flujo de aire dos (2) veces al día. La temperatura del aire, deberá estar debajo de 100°F y encima de 55°F.

- Control de la Temperatura

Debe chequearse periódicamente (cada 2 horas). Se programa el Sensor de Temperatura y la Alar-

ma si la temperatura de la solución se eleva a 110°F.

- Control del Inhibidor

El nivel del Inhibidor debe ser chequeado periódicamente, usualmente a intervalos semanales.

j. Control de la Distribución de Agua Desionizada desde el Tanque (Tk-1)

Se requiere de un "FRC" sobre la matriz que parte de Tanque de Almacenamiento de Agua Desionizada (Tk-1). Asimismo, se dispone de un "FC" en la línea de flujo destinada a los Tanques de Dilución (Tk-6-7). El flujo hacia los Tanques (Tk-2-3), queda indirectamente controlada.

El Tanque (Tk-1), requiere tan solo de un Indicador de Nivel.

k. Control de la Distribución de Agua desde la Piscina - Cisterna (P-2)

La Piscina cisterna (P2) provee de agua a la subplanta de tratamiento, para la obtención de agua desionizada. Además, proporciona el "make-up" a la Torre de Enfriamiento (TE 1).

Para la obtención de agua desionizada en la Sub-Planta de tratamiento de agua, se requiere controlar el flujo en cada una de sus etapas:

Absorción

Un "FC", para controlar el flujo proveniente de (P-2). Adicionalmente, se requiere de un Indica

dor de Conductividad Eléctrica del agua, antes y después del tratamiento.

Contralavado y Enjuague

Se requiere de un primer Controlador de Flujo en la matriz que parte del Tanque (Tk-1), y otro "FC" en la línea destinada al Recipiente Aniónico (De Acidite). En esta forma, queda controlado indirectamente el flujo hacia el Recipiente Catiónico (Zeocarb).

En el Contralavado, cuando se complete el tiempo correspondiente al "Zeocarb", se cierra la válvula que le comunica agua desionizada y además, se desactiva el primer Controlador de Flujo.

- Regeneración

Se requiere de un "FC" en cada línea de Regeneración, que controle el flujo de regenerante hacia cada recipiente.

En lo que respecta al flujo de agua destinado a la Torre de Enfriamiento (TE-1), se requiere de un "FC" que asegure un "Make-Up" constante, pre-establecido.

En la figura 6.12 se muestra el Diagrama de Instrumentación del Proceso. En el Cuadro 6.19, se proporciona la relación y número de instrumentos específicos requeridos.

CUADRO 6.19

Relación y Número de Instrumentos Específicos de Control Requeridos

Clasificación	Abreviación	Especificación	Número
Nivel	LI	Indicador de Nivel	13
	LC	Controlador de Nivel	1
	LS	Switch de Nivel	1
	LA	Alarma de Nivel	1
Flujo	FE	Elemento Primario de Medición	35
	FI	Indicador de Flujo	16
	FC	Controlador de Flujo	10
	FRC	Controlador-Registrador de Flujo	9
	FS	Switch de Flujo	5
	FA	Alarma de Flujo	5
Presión	PI	Indicador de Presión	8
	PRC	Controlador-Registrador de Presión	1
Temperatura	TE	Elemento Primario de Medición	29
	TI	Indicador de Temperatura	22
	TRC	Controlador-Registrador de Temp.	7
	TS	Switch de Temperatura	5
	TA	Alarma de Temperatura	5
pH	pHV	Válvula de Ajuste del pH	3
	pHE	Elemento Primario de Medición	3
	pHI	Indicador pH	2
	pHRC	Controlador-Registrador de pH	3
Conductividad	CI	Indicador de Conductividad Eléctrica	2
Válvulas Principales de Control			26

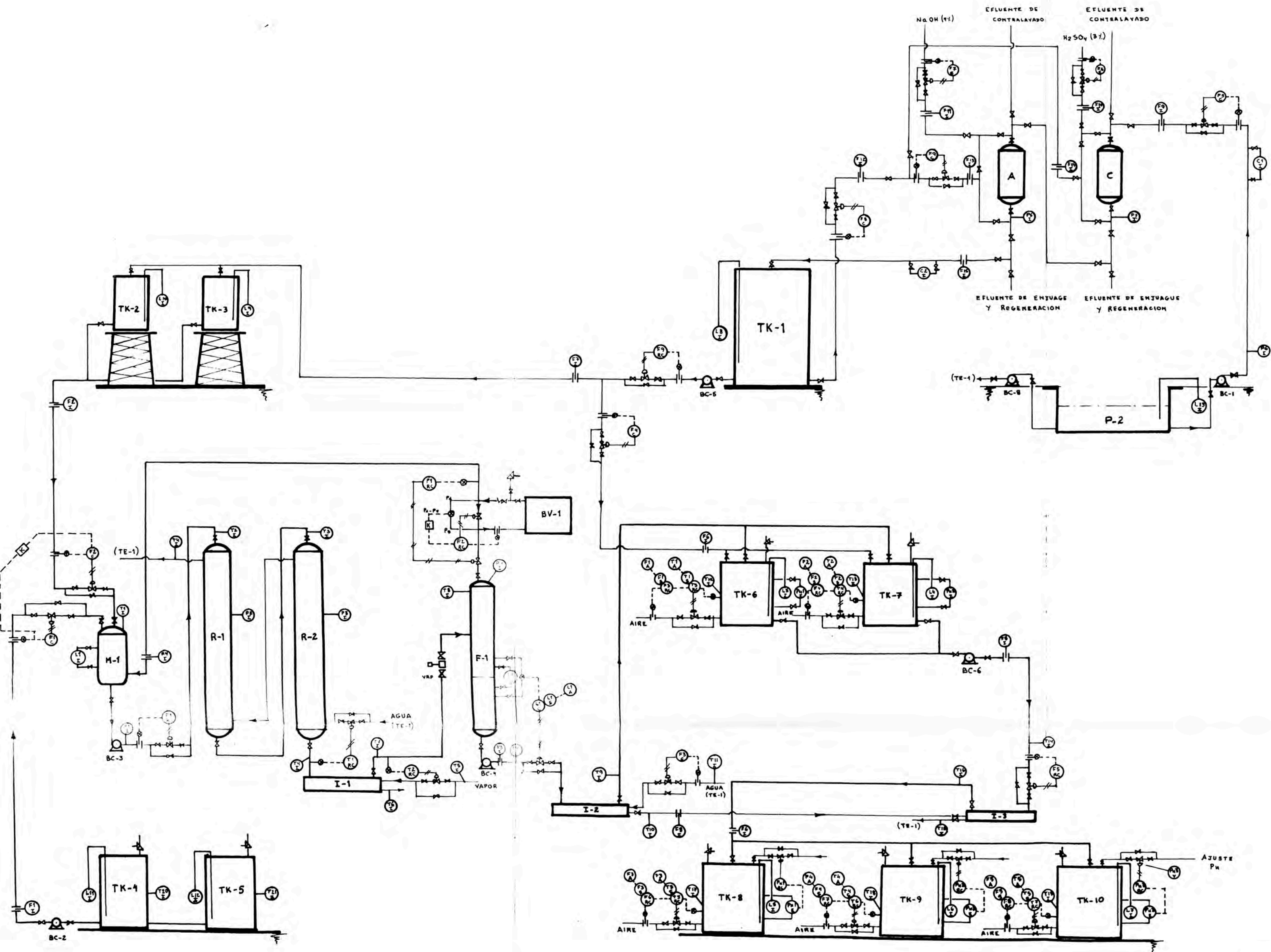
LEYENDA

VARIABLE DE PROCESO : letra superior	TIPO DE INSTRUMENTO O FUNCION : letra inferior
A	Alarma
C	Conductividad
E	Elemento primario de medicion
F	Flujo
I	Indicador
L	Nivel
P	Presion
P _H	P _H
R	Registrador
S	Switch
T	Temperatura
V	Valvula

LINEAS DE INSTRUMENTACION

	Tuberia de proceso
	Linea auxiliar
	Linea neumatica
	Conductor electrico

P _d	Presion de descarga
P _s	Presion de succion
K	Factor
	Valvula de regulacion automatica



6.7 REQUERIMIENTOS

6.7.1 Equipos y Accesorios

En el Cuadro 6.20 siguiente, se muestra los requerimientos de Equipos y Accesorios.

CUADRO 6.20

Requerimientos de Equipos y Accesorios

Descripción	Cantidad	Cuadro de Especificaciones
Reactor	1	6.8
Tanques de dilución y almacenamiento	12	6.9
Tanque mezclador	1	6.10
Recipiente de separación líq.-vapor	1	6.11
Recipiente de intercambio iónico	2	C.25
Intercambiadores de calor	3	6.14
Torre de enfriamiento	1	6.15
Tuberías y accesorios		6.16
Bombas centrífugas	8	6.18
Instrumento de control		6.19

6.7.2 Insumos

En el Cuadro 6.21, se muestra el requerimiento de insumos y otros, por tonelada de solución de Acrilamida al 50 %.

6.7.3 Mano de Obra

El requerimiento de mano de obra, es como sigue:

Personal Obrero M.O.D.	T u r n o		
	1	2	3
En proceso y Auxiliares	4	4	4
Sub-Planta de tratamiento Agua	2	-	-

6.8 CARACTERISTICAS FISICAS DEL PROYECTO

6.8.1 Terreno

El área que requerirá el proyecto es de 5,992 mt². En la determinación de dicha magnitud, se ha tenido en consideración lo siguiente:

1. Area funcional de cada equipo de proceso
2. Area funcional de cada uno de los tanques de almacenamiento.
3. Area funcional de la zona de proceso con respecto a la zona administrativa, desde el punto de vista de seguridad de personal frente a peligros eventuales o permanentes.

4. Area funcional de la zona de proceso con respecto a la zona de descarga de la materia prima y de despacho del producto, desde el punto de vista de seguridad del área productiva frente a peligros eventuales.
5. Distribución económica de los servicios auxiliares
6. Area de estacionamiento y caminos espaciosos que facilitan el libre tráfico peatonal y de vehículos motorizados dentro de la planta.
7. Areas verdes

Se entiende por Area Funcional, como aquella superficie adicional mínima, indispensable para un adecuado desarrollo de actividades permanentes (de naturaleza rutinaria), o eventuales (programas de mantenimiento, etc.)

En el cuadro 6.22, se puede observar la asignación de superficie a las diferentes secciones de la planta. Dichas asignaciones han sido estimadas en base a requerimientos mínimos de operatividad.

6/8.2 Disposición Interna de la planta

En la figura 6.13, se muestra la distribución general de las diferentes secciones de la planta. Esta distribución, se ha efectuado tomando en cuenta factores de seguridad y distribución económica de los servicios auxiliares.

De los 5,922 mt² que abarcará la planta, el A-

CUADRO 6.21

Requerimiento de Insumos y otros por Tonelada
de Solución de ACM - 50 %

<u>I n s u m o s</u>	<u>Requerimiento</u>
- Acrilonitrilo	0.3751 Tm
- Agua de Reacción	0.1274 Mt ³
- Agua de Dilución	0.4975 Mt ³
<u>O t r o s</u>	<u>Requerimiento</u>
- Agua desionizada para Enjuague y Contralavado de Resinas de Intercambio Iónico	0.094 Mt ³ /Tm ACM
- Agua de enfriamiento ("Make UP")	0.644 Mt ³ /Tm ACM
- Resina de Intercambio Catiónico	6.19 ft ³ /año
- Resina de Intercambio Aniónico	8.25 ft ³ /año
- Acido sulfúrico para regeneración de Resina Catiónica	33.20 lt/Tm ACM
- Hidróxido de Sodio para regeneración de Resina Aniónica	24.30 lt/Tm ACM
- Inhibidor de Polimerización (Solución de Sulfato de Cobre)	2.325 Kg/Tm ACM

rea de Proceso, que alberga a los equipos de proceso, ocupará 225 mt². En ésta, se contempla también las futuras instalaciones correspondientes a un segundo módulo de producción.

El área de proceso corresponde a una estructura de 2 pisos, con la finalidad de distribuir el equipo en una menor área, y a la vez, que la estructura sirva de sostén al Reactor y al Recipiente de Separación líquido-vapor.

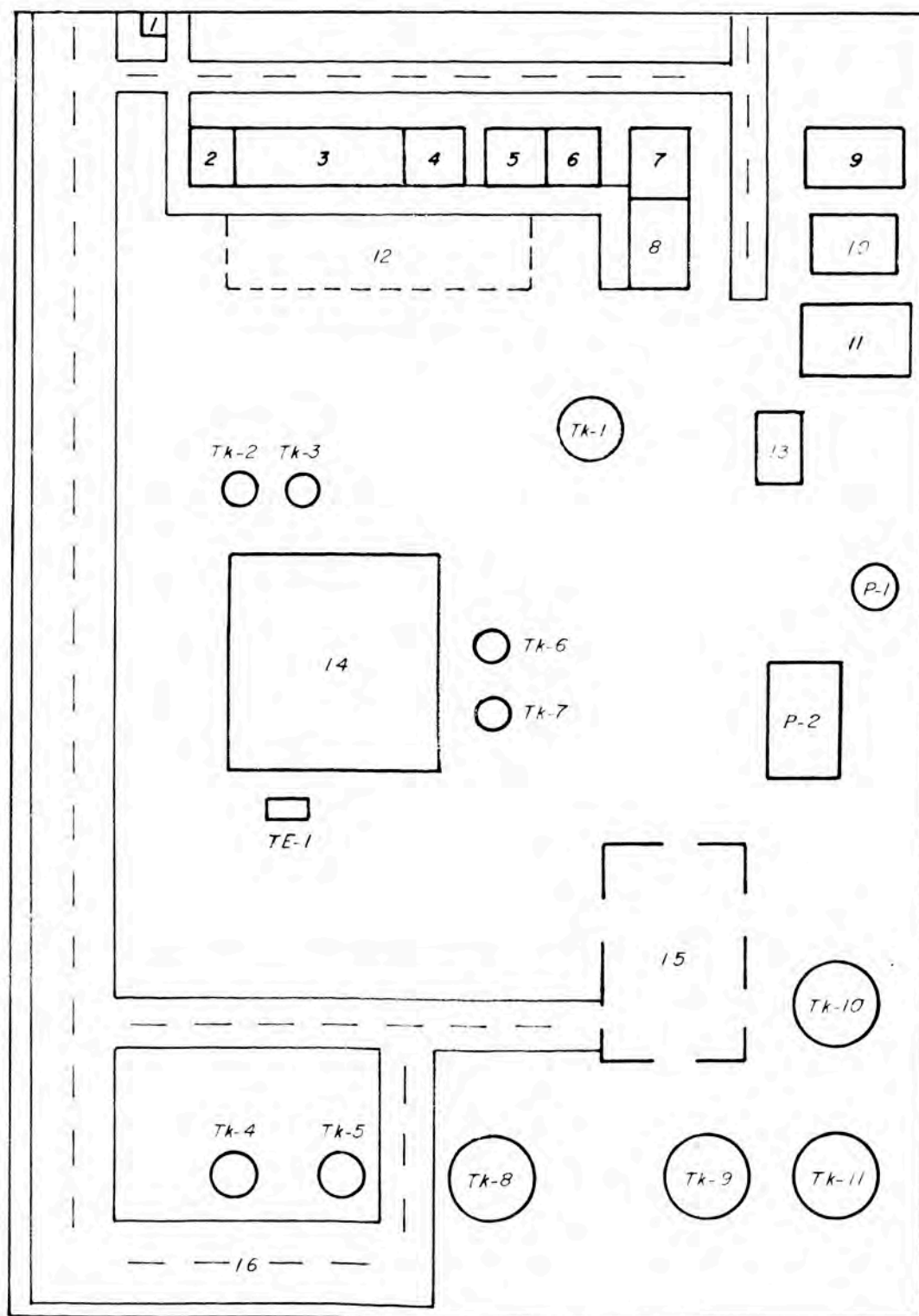
En la figura 6.14, se muestra la distribución del equipo en el Area de Proceso. Ello se realizó siguiendo el orden de las etapas del proceso: Mezcla, Reacción, Separación y Dilución.

CUADRO 6.22

Asignación de Superficie a las diferentes
Secciones de la Planta

1.	Oficinas Administrativas	128 mt ²
2.	Laboratorio	24
3.	Almacén de Repuestos, Herramientas y accesorios	50
4.	Taller Mecánico-Eléctrico	28
5.	Vestidores y Servicios Higiénicos	40
6.	Area de Proceso	225
7.	Piscina Cisterna	40
8.	Sala de Tratamiento de Agua	15
9.	Pavimento con grava	3,500
10.	Zona de Descarga de la Materia Prima	100
11.	Zona de Despacho del Producto	150
12.	Pistas y Veredas	1,100
13.	Estacionamiento y Jardines	250

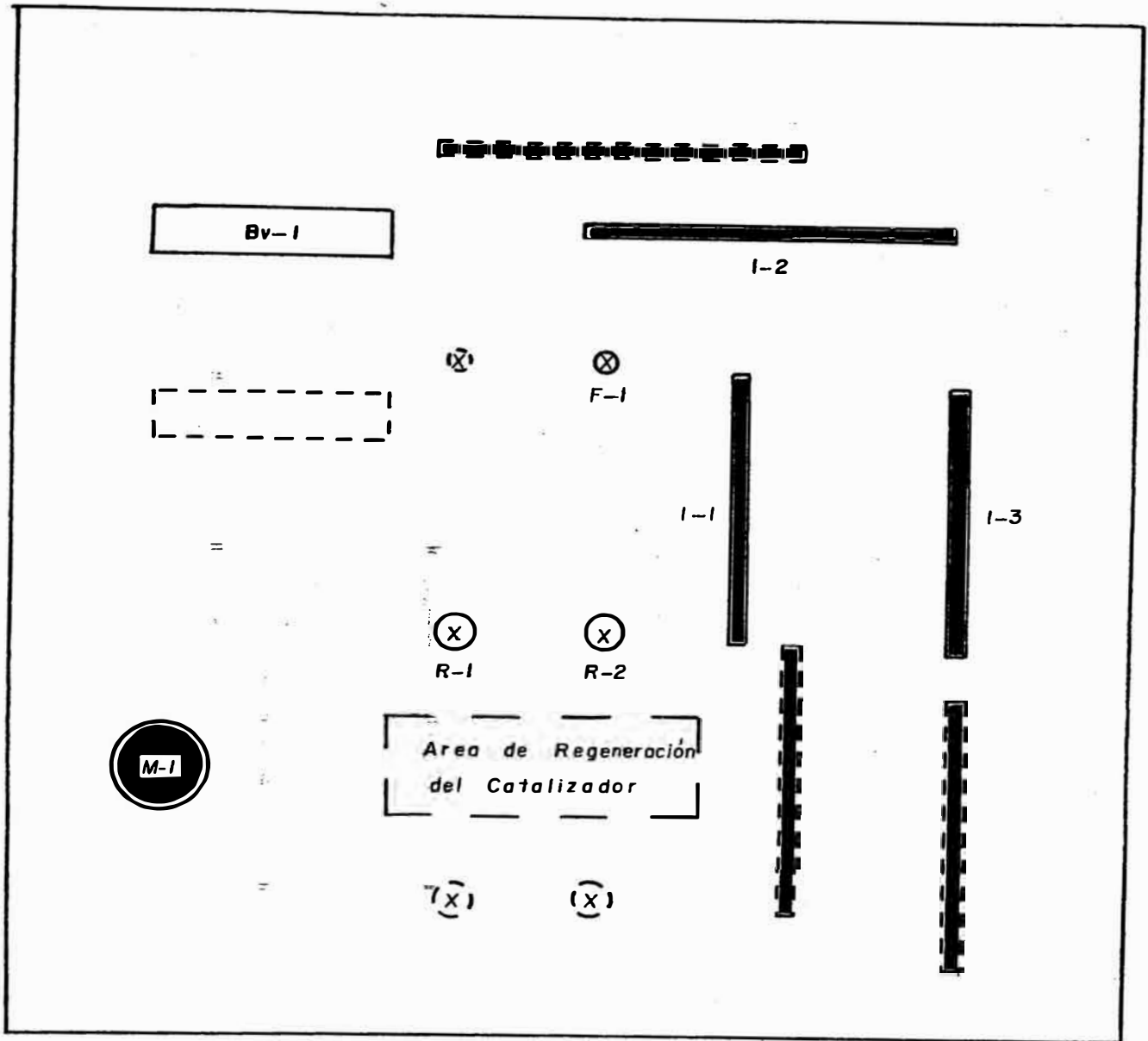
Fig 6.13 *DISTRIBUCION de PLANTA*



- 1 Caseta de guardia
- 2 Relaciones industriales
- 3 Administracion y Contabilidad
- 4 Gerencia General
- 5 Gerencia de Operaciones e Investigacion
- 6 Superintendencia de Planta
- 7 Enfermeria
- 8 Laboratorio
- 9 Almacén
- 10 Taller Mecánico-Eléctrico
- 11 Servicio del Personal Obrero
- 12 Area de Estacionamiento
- 13 Sub-Planta de Desionización del Agua
- 14 Area de Proceso
- 15 Area de Despacho
- 16 Area de Descarga de ACN

Escala - 1 : 450

Fig. 6.14.: DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN EL AREA PROCESO



Escala - 1:100

- Primer piso
- Segundo piso
- ⊗ Primer y Segundo piso

Linea a trazo corto: futura instalación para el segundo módulo.

7. SEGURIDAD INDUSTRIAL

En el presente capítulo se establecen las normas o pautas a seguirse para la protección de la salud y la seguridad de los empleados que trabajan con Acrilamida.

Se establece también el Equipo de Protección Personal, el cual será indispensable y obligatorio. También se tratan las Normas de Seguridad de la Planta, Control de Ingeniería, Manipuleo de ACM, etc., concluyendo con el método empleado para la Detección de la Toxicidad Ambiental de la ACM.

Previamente se hará una introducción acerca de la toxicidad de la ACM, las principales formas de intoxicación, y las actividades industriales mayormente expuestas a intoxicación por ACM. Además, se definen algunos términos usados en el desarrollo del presente capítulo.

7.1 INTRODUCCION

El monómero de ACM es Neurotóxico. Afecta los nervios motores y más aún, los nervios sensores, causando por lo tanto desórdenes neurológicos. Las irritaciones oculares y la dermatitis, son también consecuencias de la exposición a ACM.

La NIOSH (Instituto Nacional para la Salud y Seguridad Ocupacional), estima que aproximadamente en U.S.A. 20,000 trabajadores están expuestos potencialmente a ACM.

En el cuadro 7.1 [3], se muestra una lista de ocupaciones con exposición potencial al monómero ACM.

CUADRO 7.1

Ocupaciones con Exposición Potencial a ACM [3]

Elaboración de Acrilamida
Elaboración de Cintas Adhesivas
Relleno Químico
Elaboración de Gel Electroforético
Floculación
Elaboración de Papel
Estabilización de Suelos
Recubrimientos Superficiales
Elaboración de Fibras Sintéticas
Textiles
Perforación de Pozos

La intoxicación con ACM, puede causarse por contacto dérmico y ocular, inhalación, y/o por ingestión. Después de la exposición dérmica, los síntomas iniciales corresponden al entumecimiento de los miembros inferiores, hormigueo de los dedos (Parestesia), y "delicadeza" en el tacto, seguido durante días o 1 a 2 semanas de frío en las manos y dedos.

La intoxicación por ingestión altera el Sentido Neuro-Cerebral (CNS), y conlleva a una notable Rinorrea, Tos, Vértigo, perturbaciones gastro-intestinales y Disfagia.

En base a exámenes médicos y neurológicos, se ha confeccionado el cuadro 7.2, que constituye un patrón de reacciones sintomáticas, muy valioso para el reconocimiento de la secuencia y caracterización de los efectos adversos producidos por la exposición a ACM.

Una vez iniciado el tratamiento médico de las personas intoxicadas, éstas requerirán para su restablecimiento (respecto a sus defectos nerviosos periféricos), de 2 semanas a 2 años, dependiendo de la severidad de la reacción [56, 61, 63.]

Se define "Nivel de Acción", como 1.5 veces el Límite Ambiental, referido éste a una concentración, en el Tiempo Promedio de Carga (TWA), de

0.3 mg ACM/Mt³ aire

Por los efectos adversos producidos por la exposición a ACM, se define "Exposición Ocupacional" como

CUADRO 7.2
Sumario de los Efectos de Exposición Humana
a ACM

Número de Trabajadores	Duración y Forma de Exposición	Efectos Observados	Referenc.
6	3 - 24 meses Dérmica y posible inhalación	Eritema, excesiva transpiración, debilidad muscular	56-58, 64
8	3 - 13 meses Dérmica y posible inhalación	Pérdida de peso Anorexia	57-60, 63
6	4 - 7 meses Dérmica y posible inhalación	Irritación ocular piel enroscada fatiga, confusión	56, 59
7	2 mes-8 años Dérmica y posible inhalación	Alteraciones gastro-intestinales	61
5	1 mes Ingestión	Rinorrea, retención urinaria y fecal, Equimosis	62
9	7 - 12 meses Dérmica y posible inhalación	Vértigo, reflejos anormales, cambios emocionales	56,57,59, 63
4	3 - 24 meses Dérmica y posible inhalación	Ataxia, Hipoestesia	56-58
17	1 mes-8 años Dérmica y posible inhalación	Dolor, temblor, exfoliación, pérdida sensorial	56,57,60, 61
10	1 - 15 meses Dérmica y posible inhalación	Signo Romberg positivo	57,59,60, 63

el trabajo en un área donde la ACM sea almacenada, producida, procesada, o usada de otra manera, excepto como contaminante inintencional en otros materiales, a una concentración menor al 1 % en peso.

En el área de trabajo, el empleador o la persona responsable, controlará las concentraciones ambientales de ACM, tal que ningún operario esté expuesto al Límite Ambiental mencionado, determinado como una concentración TWA para una jornada de 10 horas.

7.2 SEGURIDAD DE PERSONAL

7.2.1 Rotulación e Información

- En toda el área de operación, deben ser distribuidos y colocados Rótulos y Señales de advertencia.

Todo el personal será instruido oralmente e informado de las áreas de riesgo, con instrucciones específicas para el personal analfabeto.

- Los recipientes de ACM sobrellevarán en lugar visible, un rótulo indicando el peligro de intoxicación. También, se rotulará los primeros auxilios en caso de contacto. Ver anexo D.1.

Todas las áreas de ACM serán anunciadas con un Letrero. Ver anexo D.1.

7.2.2.1 Vestimenta de Protección

Básicamente, una vestimenta de protección apropiada, consiste: Guantes, Delantales, Mandiles de manga larga, Botas, y Máscaras de 8 pulgadas como mínimo. Con

estos implementos de protección, se procura restringir el contacto de la piel con ACM.

- En las operaciones especializadas, se usará vestimenta impermeable.
- En algunas operaciones, en que la ACM pueda tomar contacto con los ojos, se usarán los implementos apropiados de protección, tales como: Anteojos de seguridad química o Máscaras y Anteojos de seguridad con lados protectores.

7.2.2.2 Protección Respiratoria

En caso necesario, se recurrirá a controles de Ingeniería para mantener la concentración de ACM, en o por debajo del Límite Ambiental TWA (0.3 mg ACM/Mt³ aire, ó 0.1 ppm).

- El equipo de protección respiratoria debe ser usado:
 - a. Durante el tiempo necesario para instalar o probar los Controles de Ingeniería requeridos.
 - b. Durante emergencias o ejecución de mantenimiento no rutinario, o restitución de actividades, las que pueden causar exposiciones a concentraciones superiores al Límite Ambiental TWA.
- Las Mascarillas de Respiración deberán estar limpias antes de ser usadas. También éstas deberán tener un mantenimiento periódico. Los operarios recibirán las instrucciones pertinentes con relación al uso apropiado y ensayo de ajuste de los Respiradores que se les asigna.

La Tabla 7.3, es una guía para la selección de la Mascarilla adecuada para diferentes concentraciones

Las Mascarillas de Respiración específicas para altas concentraciones de ACM, pueden ser usadas en atmósferas de menor concentración.

7.2.3 Comunicación al Personal de los Riesgos de la ACM

La educación continuada es un factor importante de un programa de higiene preventiva para los operarios expuestos a materiales peligrosos, tal como la ACM.

Los operarios serán informados periódicamente, por personas apropiadamente instruídas, acerca de las posibles fuentes de exposición, los efectos adversos a la salud asociados con la excesiva exposición a la ACM procedimientos apropiados de emergencia, y precauciones y condiciones adecuadas para el uso seguro de ACM

Las personas encargadas de mantenimiento y reparaciones, serán incluídas en estos programas de entrenamiento e instrucción.

El operario será re-informado al menos una vez al año.

7.3 SEGURIDAD DE LA PLANTA

Ocurre exposición ocupacional en la manufactura de ACM sólida, en la preparación y utilización de soluciones acuosas de ACM, en los procesos de polimeriza -

CUADRO 7.3
Guía para la Selección de Respiradores

Concentración	Tipo de Respirador
≤ 1 ppm (3 mg/Mt ³) A	Respirador con suministro de aire, tipo Presión Ne_gativa, con media pieza facial
≤ 5 ppm (15 mg/Mt ³) B	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respirador con suministro de aire, tipo Presión Negativa, con pieza facial completa 2. Respirador con accesorios propios de suministro, tipo Presión Negativa, con pieza facial completa
≤ 100 ppm (300 mg/Mt ³) C	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respirador con suministro de aire, tipo Flujo Continuo (Presión Poisitiva) con media pieza facial o pieza facial completa 2. Respirador con suministro de aire, Tipo Flujo Continuo, con capucha, casco o cubierta
>100 ppm (300 mg/Mt ³) D	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respirador con accesorios propios de suministro, con pieza facial completa, operado con Flujo Continuo u algún otro modo de Presión Positiva. 2. La combinación Tipo C, con pieza facial completa, con un accesorio auxiliar de suministro propio de aire
Entrada de Emergen- cia (dentro de un á- rea de concentración desconocida) E	<ol style="list-style-type: none"> 1. Respirador con accesorios propios de suministro, con pieza facial completa, operada con Flujo Continuo u otro modo de Presión Positiva. 2. La combinación tipo C, con pieza facial completa, operada con Flujo Continuo, con un accesorio auxiliar de suministro propio de aire.
Escape de un á- rea de concentra- ción desconocida) F	<ol style="list-style-type: none"> 1. Máscara de gas, de pieza facial completa, equipada con un frasco de mezcla de vapor orgánico, y un filtro de gran eficiencia. 2. Respirador con accesorios propios de suministro, operada a Presión Positiva o Negativa

ción y en la manipulación de productos polimerizados conteniendo monómero residual.

Debido a ésto se han de tomar todas las medidas de seguridad necesarias para mantener el mínimo contacto con ACM. Dichas medidas de seguridad, consisten en:

1. Instalación de Controles de Ingeniería y Equipos de Ventilación adicional
2. Aprovisionar al personal de su equipo de protección (mandiles, anteojos de seguridad, cascos, guantes, etc.)
3. Supervisar al personal de higiene, como factor importante en la prevención de la intoxicación con ACM.

7.3.1 Control de Ingeniería

- En la elaboración industrial del monómero de ACM, y en la preparación de sus polímeros y copolímeros, siempre se presentan las formas sólidas y acuosa de ACM.

Durante las operaciones industriales de polimerización de ACM, las formas vapor y particulada de ésta, son y deberán ser controladas. No se disponen de datos de concentración y porcentaje relativo. Por esto el control de la exposición radicará en los diseños de ingeniería que aseguren la prevención de las fugas de vapor y polvo al ambiente industrial.

- Los sistemas de Líneas de Flujo y/o Recipientes de Almacenamiento necesarios para el traslado, conservación o manufactura de ACM sólida o acuosa, serán ce-

rrados, circunscritos, ventilados y tendrán controles adicionales, preferiblemente sistemas automáticos que aseguren un ambiente de trabajo salubre, minimizando la exposición ocupacional [3-p(133-136)] :

En la manipulación de ACM acuosa, se debe prevenir el contacto dérmico y ocular.

Un sistema cerrado es el mejor camino para lograrlo, transportando la solución a través de un sistema cerrado de línea, desde el Recipiente de almacenamiento al Reactor de Polimerización [3-p(133)] .

- Los filtros instalados en el tope de los tanques de almacenamiento, serán chequeados rutinariamente y reemplazados cuando sea necesario. Asimismo, los distintivos de seguridad de los tanques, serán también chequeados regularmente y corregidos cuando sean encontrados defectuosos.
- Los sistemas cerrados apropiadamente diseñados, operados y mantenidos, serán usados donde sea práctico, para la contención del polvo y vapor de ACM.
- Si los sistemas cerrados no son practicables, se implementará un sistema de ventilación, para:
 1. Prevenir la acumulación o recirculación de ACM en el lugar de trabajo.
 2. Mantener las concentraciones de ACM en, o por debajo del Límite Ambiental recomendado.
 3. Remover efectivamente ACM de las zonas de respiración del personal.

Estos Sistemas de Ventilación tendrán un mante-

nimiento preventivo regular, que asegure su efectividad.

Respecto a los pisos de concreto en las áreas de operación, éstos serán afirmados de tal manera que se minimize la penetración de ACM en el concreto.

7.32 Almacenamiento, Manipulación y Prácticas Generales de Trabajo

1. Los recipientes de ACM serán mantenidos herméticamente cerrados cuando no estén en uso.
2. Solamente el personal equipado, entrenado y apropiadamente informado, estará involucrado en el almacenamiento, carga y descarga o procesamiento de ACM.
3. El equipo, paredes y pisos, serán mantenidos limpios para limitar la exposición del trabajador.
4. En caso que un operario sea contaminado por contacto, éste será inmediatamente mojado o lavado para remover toda traza de ACM de la piel o los ojos.
5. La vestimenta contaminada será lavada antes de usarla nuevamente.
6. Respecto a los desechos de ACM, los sólidos serán enterrados de una manera ambientalmente aceptable o quemados. Los desechos líquidos de ACM, serán desaguados a un sumidero para un tratamiento subsecuente.

7.3.3 Salubridad

1. La preparación, distribución (incluyendo máquinas de expendio) e ingestión de alimentos, estará prohibido en las áreas de trabajo expuestas a ACM.
2. Los operarios que manipuleen alguna forma de ACM, serán instruídos para que laven sus manos con jabón o detergente y agua antes de comer, fumar, o usar los servicios higiénicos.
3. Todos los guantes contaminados serán lavados antes de ser nuevamente usados.

7.4 DETECCION DE LA TOXICIDAD AMBIENTAL DE LA ACM

7.4.1 Métodos de Muestreo y Métodos Analíti-

Durante las diferentes operaciones industriales en las que participa el monómero de ACM, puede escapar hacia el medio ambiente como polvo y/o vapor (procedente del estado sólido), y como una neblina (procedente de las soluciones acuosas) [65.]

Se conoce una gran variedad de métodos de muestreo, entre los que podemos citar:

La Bomba Portátil con membrana-filtro, Tubos de Sílice, el "Midget Fritted Glass Bubbler", y el "Midget Impingers" [66.]

A pesar de las desventajas de manipular recipientes de vidrio y soluciones líquidas en el área de evaluación, la técnica de muestreo usando un "Midget Impinger", es recomendado para el muestreo de polvo y va

por de ACM en el aire, por corresponderle menores pérdidas de muestra, inherentes al muestreo con filtro.

Con respecto al análisis de las muestras de ACM puede efectuarse usando:

Espectrofotometría [70], Cromatografía de Gases [67-70], Medidas del Índice de Refracción [71], Análisis Volumétrico usando una solución de Bromato-Bromuro [72], Cromatografía de Capa Fina [69], Polarografía de Corriente Directa [73], y Polarografía de Pulso Diferencial (DPP) [74.]

Para la determinación del monómero de ACM en el aire, se ha adoptado el análisis por DPP, por ser razonablemente específico para la ACM y por tener relativamente pocas interferencias [75].

El factor más importante que se debe considerar para identificar la técnica analítica apropiada, es la sensibilidad de la instrumentación. Al análisis Cromatográfico de ACM, le corresponde una sensibilidad de 0.4 microgramos por mililitro [69]; mientras que, al análisis por DPP, le corresponde 0.5 microgramos por mililitro de solución en el "Impinger" [75]. Ya que ambos tienen sensibilidades en el rango de los microgramos, éstos son aplicables para la determinación de las concentraciones de ACM en el aire, por debajo de 0.15 mg/Mt³ aire. Sin embargo, el Método de Cromatografía de Gases involucra un número de etapas complejas para la disposición y preparación de la muestra, mermandole por ende, precisión y reproducibilidad.

También se desconoce la eficiencia de la Brominación y la subsecuente irradiación. Por lo tanto, la técnica de Polarografía de Pulso Diferencial (DPP), es la más recomendable.

7.4.2 Medida de la Contaminación de las Superficies Ambientales

La contaminación de las superficies ambientales también pueden ser medidas, frotando enteramente un área de aproximadamente 100 cm² con un papel de filtro limpio, tipo Whatman No.2, de 5.5 cm., el que previamente ha sido humedecido con agua.

Si existe algo de ACM en el papel filtro, éste será determinado por Polarografía de Pulso Diferencial (DPP), con una sensibilidad de 0.5 (microgramos ACM/militro solución), y una desviación standard relativa de 3.7 %, con un nivel de confianza del 95 %.

El muestreo de ACM por frotamiento, es una medida indirecta del riesgo potencial por contacto de la piel.

Entre los lugares de muestreo típico, tenemos: válvulas manuales, tiradores de puerta, cubiertas del reactor, barandas, carriles manuales, pisos, topes de mesas y escritorios.

7.4.3 Principio del Método de Polarografía de Pulso Diferencial

Un volumen conocido de aire es aspirado a través de un "Midget Impinger", lleno con agua desti.

lada para coleccionar el polvo o vapor de ACM. Luego, 2 centímetros cúbicos de metanol. Una alicuota de la mezcla es tratada con una resina de intercambio iónico; para luego tomar una fracción de la muestra resultante que ha de ser inyectada en un polarógrafo de pulso diferencial. Se determina y se compara la respuesta del pico resultante con las respuestas patrones.

La respuesta polarográfica se basa en la reducción electroquímica del doble enlace de la ACM.

En el anexo D.2, se proporciona una relación de aparatos y reactivos a utilizar. Se proporciona también la preparación de la Resina de Intercambio Iónico procedimiento a seguir, cálculos para la determinación de la concentración ambiental de ACM y un diagrama del sistema de muestreo personal usando el "Midget Impinger".

8. INVERSIONES

8.1 INVERSION EN ACTIVO FIJO

8.1.1 Terreno y Obras Civiles

El área que necesitará el proyecto es de 5922 metros cuadrados. La planta estará ubicada en el distrito de Ventanilla, siendo el costo del metro cuadrado de terreno S/. 12,000. Esto representa una inversión total en terreno de S/. 71'064,000.

En lo que respecta a Obras Civiles, la inversión asciende a S/. 98'723,000 (Ver Cuadro 8.1)

8.1.2 Equipos

Este rubro está constituido por: Equipos Mayores, Tuberías y Accesorios, Aislamiento e Instrumentación. La inversión total asciende a S/. 509'641,005.

Estando repartidas de la siguiente manera: E -
quipos Mayores S/. 398'398,000, Tuberías y Accesorios
S/. 11'643,205, Aislamiento S/. 59'760,000, Instrumen
tación S/. 39'839,800

Todos los equipos, tuberías y accesorios se fa-
bricarán en el país; los costos se obtuvieron por con-
sultas hechas a los fabricantes respectivos.

En lo que respecta al aislamiento e instrumenta
ción éstos se estimaron en 15 % y 10 % respectivamente
de la inversión en equipos mayores.

En el Cuadro 8.2 se puede apreciar el detalle
de las inversiones.

8.1.3 Instalaciones e Infraestructura de Servicios

El costo de las instalaciones de los e-
quipos y de la infraestructura de servicios se estima
en S/. 47'808,000

8.1.4 Otros Activos

Este rubro incluye: Vehículos, Equipos
Complementarios, Equipos y Muebles de Oficina y otros
Materiales. El valor de la inversión asciende a S/.
32'372,160 y se encuentra detallado en el Cuadro 8.3.

8.2 INVERSION EN ACTIVOS INTANGIBLES

8.2.1 Costo del Estudio

El costo del estudio se estima en S/.
5'000,000.

8.2.2 Gastos Pre-Operativos

Los gastos pre-operativos estarán conformados por un (1) mes de sueldos y salarios a un turno de trabajo, cuatro (4) meses de guardianía y otros gastos indirectos; es decir:

- Sueldos y Salarios	S/. 6'532,660
- Guardianía	273,750
- Otros gastos indirectos	<u>500.000</u>
T o t a l	S/. 7'306,410

8.2.3 Gastos Legales

Los Gastos Legales para la constitución de la Empresa e Instalación de la planta se estima en 1 % del Capital Social, es decir S/. 9'497,000.

8.2.4 Publicidad

Se estima S/. 1'000,000 en Gastos de Publicidad por inicio de actividades

8.2.5 Intereses durante Inoperatividad

Los Intereses durante Inoperatividad ascienden a S/. 240'951,240 (Ver Cuadro 9.3).

8.2.6 Varios

Se ha considerado para gastos varios la suma de S/. 1'000,000

8.3 INVERSION EN CAPITAL DE TRABAJO

8.3.1 Materia Prima

Se requiere un total de S/. 697'214,000 para cubrir las existencias para tres (3) meses de la producción del primer año.

8.3.2 Mano de Obra

Se requieren S/. 17'306,760 para cubrir los sueldos y salarios de dos (2) meses de producción.

8.3.3 Gastos de Fabricación

Se requieren S/. 43'433,000 para cubrir los gastos de fabricación (excluida mano de obra indirecta, ya considerada en el punto anterior).

De los dos (2) primeros meses de producción.

8.3.4 Caja

Se estima que en S/. 310'952,000. Esta suma cubrirá la Liquidez requerida durante los primeros años de operatividad.

NOTA :

El resumen de las Inversiones se puede apreciar en el Cuadro 8.4.

CUADRO 8.1
Inversión en Obras Civiles
(Miles de Soles)

DESCRIPCION	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
- Construcción de Oficinas (128 m ²)	S/. 110	S/. 14,080
- Laboratorio (24 m ²)	110	2,640
- Almacén de Rptos, Herramientas y Equipos (50 m ²)	110	5,500
- Taller Mec.-Eléct. (28 m ²)	110	3,080
- Servicios Higiénicos (40 m ²)	110	4,400
- Cimentación para Area de proceso (225 m ² x 1 m. prof.)	49	11,025
- Estructura de Acero para el área de proceso 1350 m ³)	11	14,850
- Perforación y acondicionamiento pozo de agua 305 ft. de profundidad	24	7,320
- Piscina Sistema de alimentación 8x5x2 (80 m ³)	34.1	2,780
- Sala para Planta de Tratamiento de agua (15 m ²)	80	1,200
- Pavimento con grava de 2" de espesor (3,500 m ²)	0.6	2,100
- Zona de descarga (100 m ²)	17	1,700
- Zona de despacho (150 m ²)	17	2,500
- Pistas y Veredas (1,100 m ²)	12	13,200
- Estacionamiento y Jardines (250 m ²)	9	2,250
- Muro Perimétrico (314 m ²)	32	10,048
	T O T A L	98,723

CUADRO 8.2

Equipos

(Miles de Soles)

A. EQUIPOS MAYORES

DESCRIPCION	CANTI DAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
- Reactor	2	S/. 13,495	S/. 26,990
- Tanque Mezclador	1	1,283	1,283
- Tanques ACN en Planta	2	8,045	16,090
- Tanques ACM en Planta	3	71,301	213,903
- Tanques de Disolución	2	6,189	12,378
- Tanque gdo. de Almacento. H ₂ O desionizada	1	20,821	20,821
- Tanques chicos H ₂ O des- ionizada	2	3,207	6,414
- Tanque almacenamiento del Inhibidor	1	68,076	68,076
- Recipiente de separa- ción LIQ-VAP. (Flash Drum	1	855	855
- Bomba de vacío	1	7,838	7,838
- Torre de enfriamiento	1	11,031	11,031
- Intercambiadores	3	1,086/1,018 3,257	5,361
- Recipientes de intercam- bio iónico para desioni- zación del H ₂ O	Zeocarb De-acidi te 2	1,080 1,240	2,320

CUADRO 8.2
(Continuación)

DESCRIPCION	CANTI DAD	COSTO UNITARIO	COSTO	TOTAL
- Generador Eléctrico de Vapor (100 lb/hr)	1	S/. 430	S/.	430
- Bombas (Ver Cuadro 8.2 B)				<u>4,608</u>
			S/.	398,398
B. <u>BOMBAS</u> (Bronce al Silicio)				
CAPACIDAD (GPM) +	CANTI DAD	COSTO UNITARIO	COSTO	TOTAL
17.34	1	S/. 605,000	S/.	605,000
1.83	2	489,060		978,120
2.70	1	501,930		501,930
6.40	1	525,670		527,670
9.94	1	553,410		553,410
103.60	1	978,120		978,120
1.24	1	463,320		463,320
Total Inversión Bombas			S/.	<u>4'607,570</u>
+ GPM: Galones por minuto				

CUADRO 8.2
(Continuación)

C. TUBERIAS (Acero Inoxidable)

DIA. (Pulg.)	LONG. (mf)	COSTO UNITARIO (S/.m)	COSTO TOTAL (S/.)
3/8	40	1,800	72,000
1/2	110	2,640	290,400
3/4	77	4,120	317,240
1	44	5,280	232,320
1 1/4	125	5,980	747,500
1 1/2	50	6,425	321,250
2	54	23,700	1'279,800
3	32	48,630	1'556,160
3 1/2	24	53,920	1'294,080
Total Inversión Tuberías			5'820,350

D. CODOS

3/8	19	2,775	52,725
1/2	36	3,310	119,160
3/4	36	4,830	173,880
1	13	6,590	85,670
1 1/4	35	7,950	278,250
1 1/2	24	8,925	214,200
2	16	9,595	153,520
3	11	12,630	138,930
3 1/2	14	14,360	201,040

Total Inversión en Codos

1'417,375

CUADRO 8.2

(Continuación)

E. VALVULA DE COMPUERTA (Acero Inoxidable)

DIA. (Pulg.)	CANT.	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
3/8	5	24,990	124,950
1/2	6	29,320	175,920
3/4	9	32,830	295,470
1	3	34,300	102,900
1 1/4	9	55,700	501,300
1 1/2	7	72,220	505,540
2	4	87,430	349,720
3	4	140,560	562,240
1 1/2	1	175,230	175,230
Total Inversión V. de Ompuerta			S/. 2'793,270

F. VALVULA DE GLOBO

3/8	2	20,180	40,360
1/2	4	24,800	99,200
3/4	2	41,800	83,600
1	2	58,280	116,560
1 1/4	4	74,930	299,720
1 1/2	2	116,550	233,100
2	-	-	-
3	-	-	-
3 1/2	2	216,550	433,100
Total Inversión V. de Globo			S/. 1'305,640

CUADRO 8.2
(Continuación)

G. "T" (Acero Inoxidable)

DIA. (Pulg.)	CANT.	COSTO UNITARIO (S/.)	COSTO TOTAL (S/.)
3/8	2	3,325	6,650
1/2	5	4,440	22,200
3/4	1	6,250	6,250
1	3	8,895	26,685
1 1/4	5	11,140	55,700
1 1/2	8	13,350	106,800
2	1	19,910	19,910
3	1	28,925	28,925
3 1/2	1	33,450	33,450
Total Inversión "T"			306,570

≠ AISLAMIENTO

Se estima en un 15 % de la Inversión en Equipos Mayores

$$0.15 \times 398'398,000 = S/. 59'759,700$$

+ INSTRUMENTACION

Se estima en un 10 % de la Inversión en Equipos Mayores

$$0.10 \times 398'398,000 = S/. 39'839,800$$

CUADRO 8.3
Otros Activos

1.	<u>Vehículos</u>		
	- Camioneta	S/.	5'500,000
2.	<u>Equipos Complementarios</u>		
	- Equipo de Protección Personal		15'093,930
	- Equipo Contra Incendios		800,000
	- Equipo de Laboratorio		<u>5'031,310</u>
	Sub-Total	S/.	20'925,240
3.	<u>Equipos y Muebles de Oficina</u>		
	- Cuatro (4) Escritorios de Gerencia	S/.	765,360
	- Cuatro (4) Escritorios de Secretaria		534,960
	- Quince (15) Escritorios de Auxiliar		1'925,100
	- Siete (7) Máquinas de Escribir		612,780
	- Quince (15) Calculadoras		840,000
	- Ocho (8) Archivadores		812,480
	- Nueve (9) Papeleras		<u>55,620</u>
	Sub-Total	S/.	<u>5'546,300</u>
4.	<u>Varios</u>		
	- Tres (3) Casilleros de Ropa	S/.	374,220
	- Cuatro (4) Bancos		<u>26,400</u>
	Sub-Total		<u>400,620</u>
	TOTAL INVERSION EN OTROS ACTIVOS	S/.	<u><u>32'372,160</u></u>

CUADRO 8.4
Resumen de Inversiones
(Miles de Soles)

ACTIVO FIJO

Terreno	S/.	71,064	
Obras Civiles		98,723	
Equipos Mayores		398,398	
Tuberías y Accesorios		11,643	
Aislamiento		59,760	
Instrumentación		39,840	
Instalaciones e Infraestructura		47,808	
Otros Activos		<u>32,372</u>	S/. 759,608

ACTIVO INTANGIBLE

Costo del Estudio	S/.	5,000	
Gastos Pre-Operativos		7,306	
Gastos Legales		9,497	
Publicidad		1,000	
Intereses (Inoperatividad)		240,952	
Varios		<u>1,000</u>	S/. 264,755

CAPITAL DE TRABAJO

Materia Prima		697,214	
Mano de Obra		17,307	
Gastos de Fabricación		43,433	
Caja		<u>310,952</u>	S/. 1'068,906

TOTAL INVERSION

- 2'093,269

9. FINANCIAMIENTO

9.1 FUENTES DE FINANCIAMIENTO

Encontramos que en nuestro medio existen tres principales alternativas de fuentes de financiamiento:

- a) **Financieras**
- b) **Banco Industrial**
- e) **COFIDE**

9.2 ANALISIS DE LAS ALTERNATIVAS DE FINANCIAMIENTO

a) Financieras

Las compañías financieras ofrecen un costo de financiamiento excesivamente elevado.

b) Banco Industrial

Esta entidad promotora financia hasta un 65 % del proyecto. Actúa como intermediario cuando se trata de

préstamos en dólares de acuerdo a las siguientes características:

- **Financiamiento:** Hasta el 80 % del valor FOB de la maquinaria
- **Interés:** 11 % al rebatir
- Plazo total:** hasta cinco (5) años
- Período de Gracia:** Hasta un (1) año

Para préstamo en soles, la modalidad es la siguiente:

- **Interés total:** 51 %
- **Plazo Total:** Hasta cinco (5) años para Activos Fijos, y hasta dos (2) años para Capital de Trabajo
- **Período de Gracia:** Hasta un (1) año para Activos Fijos y hasta seis (6) meses para Capital de Trabajo.

c) Corporación Financiera de Desarrollo
(COFIDE)

COFIDE financia hasta un 75 % del proyecto y de acuerdo a si es en dólares o en moneda nacional, las modalidades del préstamo son como a continuación se muestran:

Préstamo en dólares (actúa como intermediario)

- . **Financiamiento:** Hasta el 95% del valor C y F de los bienes de capital
- . **Interés Total:** 10.5 % al rebatir
- Plazo Total:** Hasta diez (10) años y nueve meses
- . **Período de Gracia:** Hasta un (1) año y nueve (9) meses.

- Préstamo en soles:

- . Interés Total: 54 % al rebatir
- . Plazo Total: Hasta cinco (5) años para activos fijos y hasta cuatro (4) años para capital de trabajo.
- . Período de Gracia: Hasta dos (2) años para activos fijos y hasta un (1) año para capital de trabajo.

Observaciones: Debe entenderse que el período de gracia está incluido dentro del plazo total.

9.3 FINANCIAMIENTO PROPUESTO Y SU JUSTIFICACION

Encontramos que al descartar las financieras por el elevado costo de financiamiento, nos quedan las alternativas Banco Industrial o COFIDE. Sin embargo, el Banco Industrial se encuentra atravesando por una situación de escasa liquidez y por esta razón sus préstamos se efectúan vía sistema de pagarés con cobro de intereses al momento de otorgarse el préstamo.

Este factor incrementa significativamente el costo de financiación.

COFIDE otorga períodos de gracia más amplios, financia porcentajes mayores del proyecto y otorga los préstamos en menor tiempo debido a una mayor solvencia.

Vistos estos considerandos se ha determinado que la fuente de financiamiento sea COFIDE, que el monto

del préstamo será de S/. 1,143'420,000 es decir que éste representará el 54.6 % de la Inversión Total. Dicho préstamo está repartido de la siguiente forma:

9.3.1 Préstamo para Activos Fijos

A. Montos (Miles de Soles)

- Equipos Mayores	S/. 398,398
- Instalaciones e Infraestructura	<u>47,808</u>
TOTAL	S/, 446,206

B. Condiciones Financieras

- Momento del Préstamo:	1982
- Plazo Total :	4 años
- Plazo de Gracia :	2 años
- Interés :	54 % al rebatir

9.3.2 Préstamo para Capital de Trabajo

A. Monto (Miles de Soles)

- Materia Prima	S/. 697,214
-----------------	-------------

B. Condiciones Financieras

- Momento del Préstamo:	1982
- Plazo Total:	3 años
- Plazo de Gracia:	1 año
- Interés	54 % al rebatir

9.4 CRONOGRAMA DE PAGOS

Los cronogramas de pagos correspondientes a los préstamos para Activos Fijos, Capital de Trabajo y

préstamo Total, se pueden observar en los Cuadros 9.1, 9.2, 9.3; respectivamente.

CUADRO 9.1

Cronograma de Pagos: Préstamo para Activos Fijos

(Miles de Soles)

AÑOS	PAGOS	SALDOS	INTERESES	AMORTIZACION
1983	240,952	446,206	240,952	
1984	331,799	446,206	240,952	90,847
1985	331,799	355,359	191,894	139,905
1986	331,799	215,454	116,345	215,454

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO 9.2

Cronograma de Pagos: Préstamo para Capital de Trabajo

(Miles de soles)

AÑOS	PAGOS	SALDOS	INTERESES	AMORTIZACION
1983	518,448	697,214	376,496	141,952
1984	518,448	555,262	299,841	218,607
1985	518,448	336,655	181,793	336,655

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO 9.3

Cronograma de Pagos: Préstamo Total

(Miles de Soles)

AÑOS	SEMESTRES	PAGOS	SALDOS	INTERESES	AMORTIZACIONES
1983	I	240,952	446,206	240,952	
	II	518,448	697,214	376,496	141,952
1984	I	331,799	446,206	240,952	90,847
	II	518,448	555,262	299,841	218,607
1985	I	331,799	355,359	191,894	139,905
	II	518,448	336,655	181,793	336,655
1986	I	331,799	215,454	116,345	215,454

Fuente: Elaboración Propia

10. PRESUPUESTO DE COSTOS E INGRESOS

10.1 PROGRAMA DE PRODUCCION Y VENTAS

Este programa ha sido elaborado en base a la demanda proyectada de acrilamida, habiéndose asumido que se vende lo que se produce. Por lo tanto el programa de producción determinará el programa de ventas. Estos programas serán realizados de manera que al finalizar el año de producción, las existencias de acrilamida, sean teóricamente nulas.

En el Cuadro 10.1 se aprecia dicho programa.

Además, como el proceso es continuo, se trabajará tres (3) turnos diarios de 8 horas cada uno, durante cada año de vida del proyecto.

10.2 COSTO DE LOS REQUERIMIENTOS

10.2.1 Costo de Materia Prima

Como ya se ha visto anteriormente; para la obtención de Acrilamida son necesarios Acrilonitrilo y Agua. En el Cuadro 6.21, se tiene la cantidad requerida de estos insumos para la elaboración de una tonelada de Acrilamida al 50 %.

Debido a que el agua utilizada en el proceso es propia, para efectos del cálculo de los costos, será considerada dentro de la depreciación del pozo de agua que está dentro de las Obras Civiles. Por lo tanto, se considerará como Materia Prima solamente al Acrilonitrilo.

En el Cuadro 10.2 se aprecia el costo de la materia prima por tonelada de Acrilamida. En el Anexo E.1 se aprecia el cálculo del costo de la tonelada de Acrilonitrilo.

10.2.2 Requerimientos de Personal

Los Beneficios Sociales para sueldos y salarios se encuentran en el Cuadro 10.3. Los sueldos del personal administrativo (incluyendo Beneficios Sociales), se encuentran en el punto 12.2.2.

Los salarios del personal obrero (incluyendo Beneficios Sociales), se encuentran en los Cuadros 10.4, 10.5, 10.6, para el primero, segundo y tercer turnos respectivamente.

En el Cuadro 10.15, se aprecia el Resumen de los sueldos y salarios para los tres (3) turnos de trabajo.

a) Mano de Obra Directa

Los costos incurridos (Incluyendo Beneficios Sociales), por Mano de Obra Directa para el primer, segundo y tercer turno, se aprecian en los Cuadros 10.7, 10.8, 10.9, respectivamente.

b) Mano de Obra Indirecta

Los costos incurridos (incluyendo Beneficios Sociales) por Mano de Obra Indirecta para el primer, segundo y tercer turno se aprecian en los Cuadros 10.10, 10.11, 10.12, respectivamente.

c) Personal Administrativo

En el Cuadro 10.13, se aprecia el costo incurrido por el Personal Administrativo (incluyendo Beneficios Sociales) para el primer y único turno de trabajo.

d) Personal de Ventas

En el Cuadro 10.14 se aprecia el costo por sueldos del Personal de Ventas (Incluyendo Beneficios Sociales) en el primer y único turno de trabajo.

10.2.3 Costo de Otros Requerimientos

10.2.3.1 Costo de Materiales Indirectos

En el Cuadro 10.16 se aprecia el costo incurrido en Materiales Indirectos por tonelada de Acrilamida producida. Asimismo, en el Anexo E.2 se aprecian los cálculos de los costos para las Resinas Catiónicas y Aniónica.

10.2.3.2 Costo del Catalizador y de su Reactivación Anual

En el Cuadro 10.17, se aprecian los Costos del Catalizador, así como los Costos de su Reactivación Anual; durante la vida útil del proyecto.

En el Anexo E-3 se aprecia el cálculo del Costo del Catalizador. Con respecto al Costo de Reactivación éste se ha estimado en un 15 % del Costo del Catalizador.

10.2.3.3 Costo de Almacenamiento y Transporte del Acrilonitrilo a la Planta

En el Anexo E-4 se aprecia la frecuencia de los pedidos por año; el requerimiento de Acrilonitrilo por pedido y el transporte de Acrilonitrilo por día a la planta.

Debido a lo inflamable de la Materia Prima, se ha determinado como mejor solución, el alquiler de los servicios de descarga, uso de línea y almacenaje que brinda la planta Conchán, perteneciente a Petroperú, cobrando por dicho servicio S/ 14,966 por tonelada; siendo el flete de Conchán a la planta de Acrilamida de S/. 8 por galón.

En base a estos datos y a los del Anexo E-4 se ha confeccionado el Cuadro 10.18, en el cual se aprecian los Costos de Almacenamiento y Transporte anual proyectados para la vida útil del Proyecto.

10.2.3.4 Costos de Otros Insumos

Dentro de este acápite consideramos al vapor de calefacción, aire comprimido, electricidad y otros, los cuales originan un gastos anual estimado de S/. 4'500,000.

El costo del Catalizador y de su Reactivación Anual, el costo de Almacenamiento y Transporte del Acrilonitrilo a la planta, y el costo de "Otros Insumos, conforman los llamados "Otros Gastos Indirectos".

10.3 Estructura de Costos

10.3.1 Costos de Fabricación

10.3.1.1 Costos Directos

Los Costos Directos están compuestos por Materia Prima Directa y Mano de Obra Directa.

Estos se pueden apreciar proyectados en el Cuadro 10.19; el cual ha sido desarrollado en base a los Cuadros 10.2, 10.15.

10.3.1.2 Gastos de Fabricación

Los Gastos de Fabricación están compuestos por Mano de Obra Indirecta, Material Indirecto y Otros Gastos Indirectos. Estos se pueden apreciar proyectados en el Cuadro 10.20. Dicho Cuadro ha sido desarrollado en base a los Cuadros 10.15, 10.16, 10.17, 10.18, y a lo expuesto en el punto 10.2.3.

10.3.2 Gastos de Operación

10.3.2.1 Depreciación

En el Cuadro 10.21, se pueden observar los Activos Fijos, sus costos y su depreciación anual. Asimismo, puede apreciarse el valor de recuperación al cabo de la vida útil del proyecto. En el Cuadro 10.22, se observa la Depreciación Anual durante la vida del proyecto.

10.3.2.2 Amortización de Intangibles

Dado que el total del Activo Intangible es de S/. 264'755,000 la amortización anual debería ser de S/. 26'475,500; sin embargo como más adelante, todo será expresado en miles de soles, para efectos del Cuadro la amortización será de S/. 26'475,0 durante los cinco primeros años, y de S/. 26'476,000, durante los restantes.

10.3.2.3 Gastos Administrativos

Respecto a los sueldos de carácter administrativo, éstos representan de acuerdo al Cuadro 10.15, la cantidad de S/. 40'995,240 al año.

En lo que se refiere a Gastos por Asuntos Legales y Asesoría, se han considerado S/. 600,000 semestrales.

Respecto a los demás gastos administrativos, donde están considerados útiles de oficina, formatos impresos, fotocopias, teléfono y otros, se estiman en S/. 400,000 mensuales.

Por lo tanto, los Gastos Administrativos en conjunto representan un total de S/. 46'995,240 al año.

10.3.2.4 Gastos de Venta

Según el Cuadro 10.15, los Gastos de Ventas ascienden a S/. 7'378,800 al año.

10.3.2.6 Impuesto General a las Ventas

Para el pago del Impuesto General a las Ventas, es necesario deducir del correspondiente a las ventas, el impuesto ya pagado al adquirir la Materia Prima. De esta manera, con los datos del Anexo E-1 y del Cuadro 10.25, es posible elaborar el Cuadro 10.23, donde se muestra el Presupuesto del Impuesto General a las Ventas.

10.3.3 Gastos Financieros

Los Gastos Financieros se pueden apreciar en el Cronograma de Pagos del Capítulo de Financiamiento.

El resumen de la Estructura de Costos, se puede apreciar en el Cuadro 10.24.

10.4 PRECIO DE VENTA

Como se puede apreciar en el acápite 4.6 del Estudio de Mercado, el precio promedio de la tonelada de Acrilamida pura es de \$ 2262.03 dólares.

Nuestro precio de venta será de \$ 2036.68 dólares, ó S/. 1'364,579.60 soles pro, por tonelada de A-

acrilamida pura.

Pero, siendo el producto final Acrilamida al 50 %, el precio de venta será un 50 % de dicho precio, más un 5 % por concepto de dilución; resultando el pre cio de \$ 1120.17 dólares, ó S/. 750,516.60 soles oro,- por tonelada de Acrilamida en solución acuosa al 50 %.

El Impuesto General a las Ventas se encuentra incluido en el precio de venta.

10.5 PRESUPUESTO DE INGRESOS

Los ingresos del proyecto están dados por la venta de Acrilamida, la cual se efectuará de acuerdo al Programa de Ventas que toma en consideración el análisis realizado en el Estudio de Mercado.

El Presupuesto de Ingresos proyectado se puede observar en el Cuadro 10.25.

10.6 PUNTO DE EQUILIBRIO

Ver Cuadro 10.26.

CUADRO 10.1

Programa de Producción y Ventas (Toneladas)

AÑO	MERCADO DE ACM	VENTAS Y PRODUCCION	NUMERO DE TURNOS DE TRABAJO
1983	7,977.3	6,965	3
1984	8,451.4	6,965	3
1985	8,958.7	6,965	3
1986	9,501.8	6,965	3
1987	10,083.8	9,751	3
1988	10,708.9	9,751	3
1989	11,380.1	11,144	3
1990	12,102.0	11,144	3
1991	12,878.9	12,537	3
1992	13,716.3	12,537	3

CUADRO 10.2

Costo de la Materia Prima por Tonelada de Acrilamida - 50 %

DESCRIPCION	UNID.	COSTO DE LA MATERIA PRIMA (S/.)	REQUERIMIENTO POR TON. DE ACM	COSTO POR TON. DE ACM (S/.)
- Acrilonitrilo	Tn	1'067,474	375.1 Kg.	400,410
- Agua (+)				

(+) Dado que el agua utilizada en el proceso es propia, para efectos del cálculo de los costos, ésta será considerada dentro de la depreciación del pozo de agua que está incluido en el rubro Depreciación de Obras Civiles.

CUADRO 10.3
Costo de los Beneficios Sociales en Sueldos y Salarios

	<u>SUELDOS</u>	<u>SALARIOS</u>
	%	%
Instituto Peruano de Seguridad Social (IPSS)	5.0	5.0
Sistema Nacional de Pensiones (SNP)	5.0	5.0
Impuesto Unico a las Remuneraciones (IR)	2.5	2.5
FONAVI	4.0	4.0
SENATI	1.5	1.5
Accidentes de Trabajo	-	3.0
Fondo de Indemnización	8.3	8.3
Dos (2) Gratificaciones al año	<u>16.7</u>	<u>16.7</u>
T O T A L E S	43.0	46.0

CUADRO 10.4
Salario del Personal Obrero 1er. Turno
(7.30 am. - 3.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO OBREROS	SALARIO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
En proceso y auxiliares	4	2,600	5'466,240
Subplanta de Trat.de agua	2	2,300	2'417,760
Mecánico	1	2,400	1'261,440
Electricista	1	2,400	1'261,440
Guardián	1	2,400	788,400
Limpieza	1	1,500	788,400
Chofer	1	1,500	788,400
T O T A L	11		12'772,080

CUADRO 10.5
Salario del Personal Obrero 2do. Turno
 (3.30 pm. - 11.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO OBREROS	SALARIO BASICO S/.	TOTAL ANUAL S/.
En proceso y auxiliares	4	2,600	5'466,240
Mecánico	1	2,400	1'261,440
Electricista	1	2,400	1'261,440
Guardián	1	1,500	788,400
T O T A L	7		8'777,520

CUADRO 10.6
Salario del Personal Obrero 3er. Turno
 (11.30 pm. - 7.30 am.)

DESCRIPCION	NUMERO OBREROS	SALARIO BASICO S/.	TOTAL ANUAL S/.
En proceso y auxiliares	4	2,600	5'466,240
Mecánico	1	2,400	1'261,440
Electricista	1	2,400	1'61,440
Guardián	1	1,500	788,400
T O T A L	7		8'777,520

CUADRO 10.7

Mano de Obra Directa Empleada en el 1er. Turno
(7.30 am. - 3.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SALARIO/SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Personal Obrero</u>			
En proceso y auxiliares	4	2,600	5'466,240
Sub-planta Trat.de agua	2	2,300	2'417,760
Sub-Total	6		7'884,000
<u>Personal Empleados</u>			
Superintendente Planta	1	220,000	3'775,200
Asistente de S.I.P.	1	160,000	2'745,600
Sub-Total	2		6'520,800
T O T A L	8		14'404,800

CUADRO 10.8

Mano de Obra Directa Empleada en el 2do. Turno
(3.30 pm. - 11.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO OBREROS	SALARIO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
En proceso y Auxiliares	4	2,600	5'466,240
T O T A L	4		5'466,240

CUADRO 10.9

Mano de Obra Directa Empleada en el 3er. Turno
(11.30 pm. - 7.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO OBREROS	SALARIO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
En procesos y Auxiliares	4	2,600	5'466,240
T O T A L	4		5'466,240

CUADRO 10.10

Mano de Obra Indirecta Empleada en el 1er. Turno

(7.30 am. - 3.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SALARIO/SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Personal Obrero</u>			
- Mecánico	1	2,400	1'261,440
- Electricista	1	2,400	1'261,440
- Guardián	1	1,500	788,400
- Limpieza	1	1,500	788,400
- Chofer	1	1,500	788,400
Sub-Total	5		4'888,080
<u>Personal Empleados</u>			
- Supervisor de Mantenimiento	1	115,000	1'973,400
- Supervisor de Guardia	1	115,000	1'973,400
- Laboratoristas	2	100,000	3'432,000
- Almacenero	1	80,000	1'372,800
Sub-Total			8'751,600
TOTAL	10		13'639,680

CUADRO 10.11

Mano de Obra Indirecta Empleada en el 2do. Turno

(3.30 pm. - 11.30 pm.)

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SALARIO/SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Personal Obreros</u>			
- Mecánico	1	2,400	1'261,440
- Electricista	1	2,400	1'261,440
- Guardián	1	1,500	788,400
Sub-Total	3		3'311,280
<u>Personal Empleados</u>			
- Supervisor de Guardia	1	115,000	1'973,400
- Supervisor de Mantenimiento	1	115,000	1'973,400
Sub-Total	2	230,000	3'946,800
TOTAL	5		7'258,080

CUADRO 10.12

Mano de Obra Indirecta Empleada en el 3er. Turno

(11.30 pm. - 7.30 am.)

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SALARIO/SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Personal Obreros</u>			
- Mecánico	1	2,400	1'261,440
- Electricista	1	2,400	1'261,440
- Guardián	1	1,500	788,400
Sub-Total	3		3'311,280
<u>Personal Empleados</u>			
- Supervisor de Guardia	1	115,000	1'973,400
- Supervisor de Mantenimiento	1	115,000	1'973,400
Sub-Total	2		3'946,800
T O T A L	5		7'258,080

CUADRO 10.13
Sueldos Administrativos

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Gerencia General</u>			
- Gerente General	1	385,000	6'606,600
- Secretaria	1	130,000	2'230,800
<u>Gerencia de Operaciones e Investigación</u>			
- Gerente de Operaciones e Investigación	1	295,000	5'062,200
- Secretaria	1	99,000	1'698.840
<u>Mantenimiento</u>			
- Jefe de Mantenimiento	1	220,000	3'775,200
<u>Laboratorio y Seguridad</u>			
- Jefe de Lab.y Seguridad	1	220,000	3'775,200
<u>Gerencia de Administración y Finanzas</u>			
- Gerente de Administración y Finanzas	1	220,000	3'775,200
- Secretaria	1	90,000	1'544,400
<u>Contabilidad</u>			
- Contador	1	160,000	2'745,600
- Auxiliar	1	90,000	1'544,400
<u>Compras</u>			
- Comprador	1	100,000	1'716,000
<u>Gerencia de Relaciones Industriales</u>			
- Gerente de RR II.	1	200,000	3'432,000
<u>Enfermería</u>			
- Enfermero	1	80,000	1'372,800
T O T A L	14		40'995,240

CUADRO 10.14

Sueldos de Ventas

DESCRIPCION	NUMERO PERSONAS	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
- Jefe de Ventas	1	160,000	2'745,600
- Vendedores	2	100,000	3'432,000
- Secretaria	1	70,000	1'201,200
T O T A L	4		7'378,800

CUADRO 10.15

Resumen de Sueldos y Salarios

(Beneficios Sociales Incluidos)

DESCRIPCION	1er.TURNO (S/.)	2 do.TURNO (S/.)	3er.TURNO (S/.)	TOTAL (S/.)
Mano de Obra Directa	14'404,800	5'466,240	5'466,240	25'337,280
Mano de Obra Indirecta	13'639,680	7'258,080	7'258,080	28'155,840
Sueldos Administrativos	40'995,240	-	-	40'995,240
Sueldos Ventas	7'378,800	-	-	7'378,800
T O T A L	76'418,520	12'724,320	12'724,320	101'867,160

CUADRO 10.16

Costo de Materiales Indirectos

DESCRIPCION	UNIDAD	COSTO POR UNIDAD (S/.)	REQUERIMIENTO POR TON. ACM = 50 %	COSTO POR TON. ACM-50 %
- Resina de Intercambio Catiónico	ft ³	74,561	0.00044	32.8
- Resina de Intercambio Aniónico	ft ³	207,166	0.00059	122.2
- Acido Sulfúrico	kg	475	33.2	15,770.0
- Hidróxido de Sodio	kg	475	24.3	11,542.5
- Sulfato de Cobre	kg	893	2.325	2,076.2
TOTAL				29,544.0

CUADRO 10.17

Costos Proyectados del Catalizador y su Reactivación Anual

A Ñ O	1983	1984	1985	1986	1987
Requerimiento (ft ³)	22.14	22.14	22.14	22.14	44.28
Costo Catalizador (S/.)	5'697,330				5'697,330
Costo Reactivación (S/.)		854,600	854,600	854,600	854,600
T O T A L	5'697,330	854,600	854,600	854,600	6'551,930

A Ñ O	1988	1989	1990	1991	1992
Requerimiento (ft ³)	44.28	44.28	44.28	44.28	44.28
Costo Catalizador (S/.)					
Costo Reactivación (S/.)	1'709,200	1'709,200	1'709,200	1'709,200	1'70,200
T O T A L	1'709,200	1'809,200	1'709,200	1'709,200	1'709,200

CUADRO 10.18

Costo Anual De Almacenamiento y Transporte de ACN

(Miles de soles)

DESCRIPCION	COSTO UNITA RIO (S/.Ton.)	1983	1984	1985	1986	1987
Costo Almacenamiento	14,966	39'106	39'106	39'106	39'106	54'746
Costo Transporte	2,113	5'521	5'521	5'521	5'521	7'729
TOTAL		44'627	44'627	44'627	44'627	62'475

DESCRIPCION	COSTO UNITA RIO (S/.Ton.)	1988	1989	1990	1991	1992
Costo Almacenamiento	14,966	54'746	62'558	62'558	70'385	70'385
Costo Transporte	2,113	7'729	8'832	8'832	9'937	9'937
TOTAL		62'475	71'390	71'390	80'322	80'322

CUADRO 10.19

Costos Directos Proyectados

(Miles de Soles)

A Ñ O	1983	1984	1985	1986	1987
Número de Turnos	3	3	3	3	3
Producción (Ton.)	6965	6,965	6,965	6,965	9,751
Materia Prima Directa	2'788,856	2'788,856	2'788,856	2'788,856	3'904,398
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337

A Ñ O	1988	1989	1990	1991	1992
Número de turnos	3	3	3	3	3
Producción (Ton.)	9,751	11,144	11,144	12,573	12,573
Materia Prima Directa	3'904,398	4'462,169	4'462,169	5'019,940	5'019,940
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337

CUADRO 10.20

Gastos de Fabricación Proyectados

(Miles de Soles)

A Ñ O	1983	1984	1985	1986	1987
Número de Turnos	3	3	3	3	3
Producción (Ton.)	6,965	6,965	6,965	6,965	9,751
Material Indirecto	205,774	205,774	205,774	205,774	288,084
Mano de Obra Indirecta	28,156	28,156	28,156	28,156	28,156
Otros Gastos Indirectos	54,824	49,982	49,982	49,982	73,527
Total Gastos Fabricación	288,754	283,912	283,912	283,912	389,767

A Ñ O	1988	1989	1990	1991	1992
Número de Turnos	3	3	3	3	3
Producción (Ton.)	9,751	11,144	11,144	12,537	12,537
Material Indirecto	288,084	329,238	329,238	370,393	370,393
Mano de Obra Indirecta	28,156	28,156	28,156	28,156	28,156
Otros Gastos Indirectos	68,684	77,599	77,599	86,531	86,53
Total Gastos Fabricación	384,924	434,993	434,993	485,080	485,080

CUADRO 10.21

Depreciaciones

ACTIVO FIJO	MONTO (miles de soles)	AÑOS	DEPRECIACION ANUAL (miles S/.)
Obras Civiles	169,787	30	5,660
Equipos	398,398	10	39,840
Instalaciones e Infraestructura de Servicios	64,056	10	6,405
Vehículos	5,500	5	1,100
Otros Activos	26,872	10	2,687

Valor de Recuperación después de 10 años

Obras Civiles S/. 113'187,000

CUADRO 10.22

Depreciación Anual Durante la Vida del Proyecto

(Miles de Soles)

A Ñ O	1983	1984	1985	1986	1987
Depreciación	55,692	55,692	55,692	55,692	55,692

A Ñ O	1988	1989	1990	1991	1992
Depreciación	54,592	54,592	54,592	54,592	54,592

CUADRO 10.23

Presupuesto del Impuesto General a las Ventas

(Miles de Soles)

AÑO	PRODUCCION (TON.)	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS SOBRE VENTAS	IMPUESTO GENERAL A LAS VENTAS PA- GADOS EN MATERIA PRIMA	SALDO A PAGAR
1983	6,965	1'379,872	994,748	385,124
1984	6,965	1'379,872	994,748	385,124
1985	6,965	1'379,872	994,748	385,124
1986	6,965	1'379,872	994,748	385,124
1987	9,751	1'931,820	1'392,647	539,173
1988	9,751	1'931,820	1'392,647	539,173
1989	11,144	2'207,795	1'591,597	616,198
1990	11,144	2'207,795	1'591,597	616,198
1991	12,537	2'483,769	1'790,547	693,222
1992	12,537	2'483,769	1'790,547	693,222

CUADRO 10.24
Estructura de Costos
(Miles de Soles)

COSTOS VARIABLES/AÑO	1983	1984	1985	1986	1987
Materia Prima Directa	2'788,856	2'788,856	2'788,856	2'788,856	3'904,398
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	288,754	283,912	283,912	283,912	389,767
Imp.General a las Ventas	385,124	385,124	385,124	385,124	539,173
T O T A L	3'488,071	3'483,229	3'483,229	3'483,229	4'858,675

COSTOS FIJOS/AÑO	1983	1984	1985	1986	1987
Depreciación	55,692	55,692	55,692	55,692	55,692
Amortización Intangibles	26,475	26,475	26,475	26,475	26,475
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos Ventas	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Gastos Financieros	376,496	540,793	373,687	116,345	
T O T A L	513,037	677,334	510,228	252,886	136,541

CUADRO 10.24

(Continuación)

COSTOS VARIABLES/AÑO	1988	1989	1990	1991	1992
Materia Prima Directa	3'904,398	4'462,169	4'462,169	5'019,940	5'019,940
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	384,924	434,993	434,993	485,080	485,080
Imp.General a las Ventas	539,173	616,198	616,198	693,222	693,222
T O T A L	4'853,832	5'538,697	5'538,697	6'223,579	6'223,579

COSTOS FIJOS/AÑO	1988	1989	1990	1991	1992
Depreciación	54,592	54,592	54,592	54,592	54,592
Amortización Intangibles	26,476	26,476	26,476	26,476	26,476
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos Ventas	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Gastos Financieros					
T O T A L	135,442	135,442	135,442	135,442	135,442

CUADRO 10.25
Presupuesto de Ingresos
(Miles de Soles)

A Ñ O	1983	1984	1985	1986	1987
Toneladas de ACM Vendibles	6,965	6,965	6,965	6,965	9,751
Ingresos por Ventas	5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287

A Ñ O	1988	1989	1990	1991	1992
Toneladas de ACM Vendibles	9,751	11,144	11,144	12,537	12,537
Ingresos por Ventas	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226

CUADRO 10.26
Punto de Equilibrio

DESCRIPCION/AÑO	1983	1984	1985	1986	1987
Precio de Venta Unitario (S/.Ton.)	750,517	750,517	750,517	750,517	750,517
Costo Fijo (S/ .x 1000)	513,037	677,334	510,228	252,886	136,541
Costo Variable Unitario (S/.TON.)	500,800	500,105	500,105	500,105	498,274
Toneladas Producidas	6,965	6,965	6,965	6,965	9,751
Punto de Equilibrio (TON.)	2,055	2,702	2,041	1,010	380
Punto de Equilibrio (%)	29.5	38.8	29.3	14.5	3.9

CUADRO 10.26

(Continuación)

DESCRIPCION/AÑO	1988	1989	1990	1991	1992
Precio de Venta Unitario (S./Ton.)	750,517	750,517	750,517	750,517	750,517
Costo Fijo (S/.x 1000)	135,442	135,442	135,442	135,442	135,442
Costo Variable Unitario (S./TON.)	497,778	497,012	497,012	496,417	496,417
Toneladas Producidas	9,751	11,144	11,144	12,537	12,537
Punto de Equilibrio (TON.)	371	423	423	476	476
Punto de Equilibrio (%)	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8

11. ESTADOS FINANCIEROS

11.1 ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS

Los Estados de Pérdidas y Ganancias Proyectados se pueden observar en el Cuadro 11.1.

11.1.1 Ventas

Este rubro se calcula en función a las ventas anuales y provienen del Cuadro 10.25. (Presupuesto de Ingresos).

11.1.2 Costos de Fabricación

Este rubro considera los costos incurridos en Materia Prima, Mano de Obra Directa y Gastos de Fabricación; los cuales fueron tratados en el punto 10.3 (Estructura de Costos).

11.1.3 Utilidad Bruta

La Utilidad Bruta es obtenida por diferencia entre los Ingresos por Ventas, menos los Costos de Fabricación.

11.1.4 Gastos de Operación

Los Gastos de Operación están conformados por Depreciaciones, Amortización de Intangibles, Gastos Administrativos, Gastos de Ventas y el Impuesto General a las Ventas.

Estos puntos han sido tratados en la Estructura de Costos.

11.1.5 Utilidad de Operación

La Utilidad de Operación se obtiene de restar de la Utilidad Bruta, los Gastos de Operación.

11.1.6 Gastos Financieros

Los datos correspondientes a los Gastos Financieros han sido tomados del capítulo Financiamiento.

11.1.7 Impuesto al Patrimonio
Empresarial

El Impuesto al Patrimonio Empresarial ha sido calculado según lo señalado por el Decreto Legislativo No.213 del 12-06-81. Dicho Decreto se puede observar en el Anexo F-1.

11.1.8 Utilidad Antes del Impuesto a la Renta

Este rubro es calculado restando de la Utilidad de Operación, los Gastos Financieros y el Impuesto al Patrimonio Empresarial.

11.1.9 Impuesto a la Renta

El Impuesto a la Renta es calculado en base al Decreto Legislativo No. 200 del 12-06-81. Las escala y tasas de dicho Decreto se presentan en el Anexo F-2.

11.1.10 Utilidad Neta

La Utilidad Neta se obtiene al restar, de la Utilidad Antes del Impuesto a la Renta, el monto que se deduce por Impuesto a la Renta.

11.1.11 Aportaciones y Participaciones

Este rubro está conformado por los siguientes puntos:

A. Aporte a ITINTEC

Las Empresas Industriales, deben destinar el 2 % de su Utilidad Neta con fines de promover la Investigación Tecnológica.

B. Participación a Trabajadores

Debido a que la Empresa está afecta a la Comunidad Industrial, hay que deducir el 10 % de la Utilidad Neta, para entregarla en efectivo a sus trabajadores.

C. Patrimonio Comunidad Laboral

La Comunidad tiene derecho a ser propietaria de un porcentaje del Capital Social total de la Empresa, mediante deducciones no mayores del 1.5 % de la Utilidad Neta.

D. Patrimonio Trabajadores

Los trabajadores tienen derecho a ser propietarios de un porcentaje del Capital Social total de la Empresa, mediante deducciones no mayores del 13.5 % de la Utilidad Neta.

Cabe indicar que el patrimonio de la Comunidad Laboral y Trabajadores en conjunto no puede ser mayor al 50 % del Capital Social (63.3 % del Capital Social + Patrimonio Comunidad Laboral y Trabajadores)

11.1.12 Utilidad Retenida

La Utilidad Retenida se obtiene de restar de la Utilidad Neta, las Aportaciones y Participaciones.

11.2 FLUJO DE CAJA

El Flujo de Caja proyectado se puede observar en el Cuadro 11.2. Este nos indica el aumento de efectivo que ha generado el proyecto en cada año. De acuerdo al análisis realizado, podemos observar que en ningún instante la empresa se ve afectada por problemas de liquidez.

11.3 ESTADO DE FUENTES Y USOS DE FONDOS

Los Estados de Fuentes y Usos de Fondos Proyectados se pueden observar en el Cuadro 11.3.

Este estado tiene como finalidad determinar de dónde se generan los fondos de la empresa y en qué se utilizarán.

Las Fuentes de Fondos, se encuentran conformadas por la Utilidad Retenida más todas las deducciones que si bien se hicieron a la misma, éstas no representaron egresos de efectivo.

Los usos de Fondos se encuentran conformadas por la Utilidad Retenida más todas las deducciones que si bien se hicieron a la misma, éstas no representaron egresos de efectivo.

Los usos de fondos nos indican en qué se gastaron los fondos generados durante cada año.

11.4 Balance General

Los Balances Generales proyectados, se pueden observar en el Cuadro 11.4

El Balance General de la Empresa, nos muestra su situación a una fecha dada. Este se desarrolla en base a los Estados Financieros antes mencionados. El Balance incluye cantidades acumuladas que se han determinado añadiéndole a los valores del año precedente, las variaciones de las cuentas en el año analizado.

CUADRO 11.1

Estado de Pérdidas y Ganancias Proyectado

(Miles de Soles Constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	1	2	3	4	5
<u>VENTAS</u>	5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
<u>COSTOS DE FABRICACION</u>					
Materia Prima Directa	2'788,856	2'788,856	2'788,856	2'788,856	3'904,398
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	288,754	283,912	283,912	283,912	389,767
T o t a l	3'102,947	3'098,105	3'098,105	3'098,105	4'319,502
<u>UTILIDAD BRUTA</u>	2'124,403	2'129,245	2'129,245	2'129,245	2'998,785
<u>GASTOS DE OPERACION</u>					
Depreciación	55,692	55,692	55,692	55,692	55,692
Amortización de Intangib.	26,475	26,475	26,475	26,475	26,475
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Ventas	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Impuesto General a las Vents	385,124	385,124	385,124	385,124	539,173
T o t a l	521,665	521,665	521,665	521,665	675,714
<u>UTILIDAD DE OPERACION</u>	1'602,738	1'607,580	1'607,580	1'607,580	2'323,071

CUADRO 11.1
(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	1	2	3	4	5
<u>GASTOS FINANCIEROS</u>	376,496	540,793	373,687	116,345	
<u>IMPUESTO AL PATRIMONIO EMPRESARIAL</u>	40,900	53,960	69,178	87,160	114,330
<u>UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA</u>	1'185,342	1'012,827	1'164,715	1'404,075	2'208,741
<u>IMPUESTO A LA RENTA</u>	493,671	407,413	483,357	603,038	1'025,808
<u>UTILIDAD NETA</u>	691,671	605,414	681,358	801,037	1'182,933
<u>APORTACIONES Y PARTICIPACIONES</u>					
Aporte a ITINTEC (2%)	13,833	12,108	13,627	16,021	23,659
Participac.a Trabajadores (10 %)	69,167	60,541	68,136	80,104	118,293
Patrimonio Comunidad Laboral (1.5 %)	10,375	9,081	10,220	12,016	17,744
Patrimonio Trabajadores (13.5 %)	93,376	81,731	91,983	108,140	159,696
T o t a l	186,751	163,461	183,966	216,281	319,392
<u>UTILIDAD RETENIDA</u>	504,920	441,953	497,392	584,756	863,541

CUADRO 11.1

(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>VENTAS</u>	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226
<u>COSTOS DE FABRICACION</u>					
Materia Prima Directa	3'904,398	4'462,169	4'462,169	5'019,940	5'019,940
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	384,924	434,993	434,993	485,080	485,080
T o t a l	4'314,659	4'922,499	4'922,499	5'530,357	5'530,357
<u>UTILIDAD BRUTA</u>	3'003,628	3'441,258	3'441,258	3'878,869	3'878,869
<u>GASTOS DE OPERACION</u>					
Depreciación	54,592	54,592	54,592	54,592	54,592
Amortización de Intangib.	26,476	26,476	26,476	26,476	26,476
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Ventas	7,379	7,739	7,379	7,379	7,379
Impuesto General a las Ventas	539,173	616,198	616,198	693,222	693,222
T o t a l	674,615	751,640	751,640	828,664	828,664
<u>UTILIDAD DE OPERACION</u>	2'319,013	2'689,618	2'689,618	3'050,205	3'050,205

CUADRO 11.11
(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>GASTOS FINANCIEROS</u>					
<u>IMPUESTO AL PATRIMONIO EMPRESARIAL</u>	140,131	169,683	198,465	230,976	262,688
<u>UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO A LA RENTA</u>	2'188,882	2'519,935	2'491,153	2'819,229	2'787,517
<u>IMPUESTO A LA RENTA</u>	1'014,885	1'196,964	1'181,134	1'361,576	1'344,134
<u>UTILIDAD NETA</u>	1'173,997	1'322,971	1'310,019	1'457,653	1'443,383
<u>APORTACIONES Y PARTICIPACIONES</u>					
x Aporte a ITINTEC (2 %)	23,480	26,459	26,200	29,153	28,868
Participación a Trabajadores (10 %)	117,400	132,297	131,002	145,765	144,338
Patrimonio Comunidad Laboral (1.5 %)	17,610	19,845	19,650	21,865	21,651
Patrimonio Trabajadores (13.5 %)	158,490	178,601	176,853	196,783	194,857
T o t a l	316,980	357,202	353,705	393,566	389,714
<u>UTILIDAD RETENIDA</u>	857,017	965,769	956,314	1'064,087	1'053,669

CUADRO II.2
Flujo de Caja Proyectada
(Miles de Soles constantes)

Descripción/años	0	1	2	3	4	5
I N G R E S O S						
Ventas		5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
Aporte Propio	949,849					
Préstamos	1'143,420					
<u>TOTAL INGRESOS</u>	2'093,269	5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
E G R E S O S						
Inversión	1'024,363					
Amortización Préstamos		141,952	309,454	476,560	215,454	
Materia Prima Directa	697,214	2'788,856	2'788,856	2'788,856	2'788,856	3'904,398
Mano de Obra Directa		25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación		288,754	283,912	283,912	283,912	389,767
Gastos Administrativos		46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Ventas		7,379	7,379	7,379	7,379	7,379

CUADRO II.2
(Continuación)

Descripción/años	0	1	2	3	4	5
Impuesto General a las Ventas		385,124	385,124	385,124	385,124	539,173
Gastos Financieros		376,496	540,793	373,687	116,345	
Impuesto al Patrimonio Empresarial		40,900	53,960	69,178	87,160	114,330
Impuesto a la Renta		493,671	407,413	483,357	603,038	1'025,808
Aporte a ITINTEC		13,833	12,108	13,627	16,021	23,659
Participación a trabajadores		69,167	60,541	68,136	80,104	118,293
Aumento de capital de trabajo					278,886	
TOTAL DE EGRESOS	1'721,577	4'678,464	4'921,872	5'022,148	4'934,611	6'195,139
SALDO NETO	371,691	548,886	305,478	205,202	292,739	1'123,148
CAJA INICIAL		371,692	920,578	1'226,056	1'431,258	1'723,997
SALDO ACUMULADO	371,692	920,578	1'226,056	1'431,258	1'723,997	2'847,145

CUADRO II.2

Flujo de Caja Proyectado

(Miles de soles constantes)

Descripción/años	6	7	8	9	10
<u>INGRESOS</u>					
Ventas	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226
Aporte propio					
Préstamos					
<u>TOTAL INGRESOS</u>	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226
<u>EGRESOS</u>					
Inversión					
Amortización Préstamos					
Materia Prima Directa	3'904,398	4'462,169	4'462,169	5'019,940	5'019,940
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	35,337	35,337	35,337
Gastos de Fabricación	384,924	434,993	434,993	485,080	485,080
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Ventas	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379

CUADRO II.2
(Continuación)

Descripción/años	6	7	8	9	10
Impuesto General a las Ventas	539,173	616,198	616,198	693,222	693,222
Gastos Financieros					
Impuesto al Patrimonio Empresarial	140,131	169,683	198,465	230,976	262,688
Impuesto a la Renta	1'014,885	1'196,964	1'181,134	1'361,576	1'344,134
Aporte a ITINTEC	23,480	26,459	26,200	29,153	28,868
Participación a Trabajadores	117,400	131,297	131,002	145,765	144,338
Aumento de Capital de Trabajo	139,443		139,443		
<u>TOTAL EGRESOS</u>	6'343,545	7'118,474	7'269,315	8'045,423	8'057,981
SALDO NETO	274,742	1'245,283	1'094,442	1'363,803	1'351,245
CAJA INICIAL	2'847,145	3'821,887	5'067,170	6'161,612	7'525,415
SALDO ACUMULADO	3'821,887	5'067,170	6'161,612	7'525,415	8'876,660

CUADRO 11.3

Estados de Fuentes y Uso de Fondos

(Miles de Soles Constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	1	2	3	4	5
<u>FUENTES</u>					
Utilidad Retenida	504,920	441,953	497,392	584,756	863,541
Depreciación	55,692	55,692	55,692	55,692	55,692
Amortización de Intangibles	26,475	26,475	26,475	26,475	26,475
Patrimonio Comunidad Laboral	10,375	9,081	10,220	12,016	17,744
Patrimonio Trabajadores	93,376	81,731	91,983	108,140	159,696
TOTAL FUENTES	690,838	614,932	681,762	787,079	1'123,148
<u>USOS</u>					
Amortización Préstamos	141,952	309,454	476,560	215,454	
Aumento de Capital de Trabajo				278,886	
Aumento de Caja	548,886	305,478	205,202	292,739	1'123,148
TOTAL USOS	690,838	614,932	681,762	787,079	1'123,148

CUADRO 11.3

Estados de Fuentes y Uso de Fondos

(Miles de Soles Constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>FUENTES</u>					
Utilidad Retenida	857,017	965,769	956,314	1'064,087	1'053,669
Depreciación	54,592	54,592	54,592	54,592	54,592
Amortización de Intangibles	26,476	26,476	26,476	26,476	26,476
Patrimonio Comunidad Laboral	17,610	19,650	21,865	21,865	21,651
Patrimonio Trabajadores	158,490	178,601	176,853	196,783	194,857
TOTAL FUENTES	1'114,185	1'245,283	1'233,885	1'363,803	1'351,245
<u>USOS</u>					
Amortización Préstamos					
Aumento de Capital de Trabajo	139,443		139,443		
Aumento de Caja	974,742	1'245,283	1'094,442	1'363,803	1'351,245
TOTAL USOS	1'114,185	1'245,283	1'233,885	1'363,803	1'351,245

CUADRO II.4

Balance General Proyectado

(Miles de soles constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>ACTIVO</u>						
<u>ACTIVO CORRIENTE</u>						
Caja	371,692	920,578	1'226,056	1'431,258	1'723,997	2'847,145
Inventario	697,214	697,214	697,214	697,214	976,100	976,100
<u>ACTIVO FIJO</u>						
Terreno	71,064	71,064	71,064	71,064	71,064	71,064
Activos Fijos	688,544	688,544	688,544	688,544	688,544	688,544
Depreciación Acumulada		(55,692)	(111,384)	(167,076)	(222,768)	(278,460)
<u>ACTIVO INTANGIBLE</u>						
Activos Varios	264,755	264,755	264,755	264,755	264,755	264,755
Depreciación Acumulada		(26,475)	(52,950)	(79,425)	(105,900)	(132,375)
<u>TOTAL ACTIVOS</u>	2'093,269	2'559,988	2'783,299	2'906,334	3'395,792	4'436,773

CUADRO II.4
(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>PASIVO Y PATRIMONIO</u>						
<u>PASIVO</u>						
Préstamo (Saldo)	1'143,420	1'001,468	692,014	215,454		
<u>PATRIMONIO</u>						
Capital Social	494,849	949,849	949,849	949,849	949,849	949,849
Patrimonio Comunidad Laboral		10,375	19,456	29,676	41,692	59,436
Patrimonio Trabajadores		93,376	175,107	267,090	375,230	534,926
Utilidad Retenida		504,920	946,873	1'444,265	2'029,021	2'892,562
<u>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</u>	2'093,269	2'559,988	2'783,299	2'906,334	3'395,792	4'436,773

CUADRO II.4

Balance General Proyectado

(Miles soles constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>ACTIVO</u>					
<u>ACTIVO CORRIENTE</u>					
Caja	3'821,887	5'067,170	6'161,612	7'525,415	8'876,660
Inventario	1'115,543	1'115,543	1'254,986	1'254,986	1'254,986
<u>ACTIVO FIJO</u>					
Terreno	71,066	71,064	71,064	71,064	71,064
Activos Fijos	688,544	688,544	688,544	688,544	688,544
Depreciación Acumulada	(333,052)	(387,644)	(442,236)	(496,828)	(551,420)
<u>ACTIVO INTANGIBLE</u>					
Activos Varios	264,755	264,755	264,755	264,755	264,755
Depreciación Acumulada	(158,851)	(185,327)	(211,803)	(238,279)	(264,755)
TOTAL ACTIVOS	5'469,890	6'634,105	7'786,922	9'069,657	10'339,834

CUADRO II.4

(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>PASIVO Y PATRIMONIO</u>					
<u>PASIVO</u>					
Préstamo (saldo)					
<u>PATRIMONIO</u>					
Capital Social	949,849	949,849	949,849	949,849	
Patrimonio Comunidad Laboral	77,046	96,891	116,541	138,406	160,067
Patrimonio Trabajadores	693,416	872,017	1'048,870	1'245,653	1'440,510
Utilidad Retenida	3'749,579	4'715,348	5'671,662	6'735,749	7'789,418
<u>TOTAL PASIVO Y PATRIMONIO</u>	5'469,890	6'634,105	7'786,922	9'069,657	10'339,834

12. ORGANIZACION Y ADMINISTRACION

12.1 ESTRUCTURA ORGANICA Y FUNCIONES

12.1.1 Junta General de Accionistas

Conformada por las personas que aportan el Capital Social de la Empresa.

Funciones

- Decide el futuro de la empresa transformando fusionando, ampliando, reduciendo o liquidando la sociedad.

Elegir a los Miembros del Directorio.

12.1.2 Directorio

Conformado por miembros elegidos por la Junta General de Accionistas. No necesariamente pertenecen a ésta.

Funciones

Determinar la política y lineamientos generales a seguir, y supervisar los resultados obtenidos.

Representa la Sociedad, ya sea judicial o extra-judicialmente

Responde ante la Junta General de Accionistas los resultados obtenidos

Elige al Gerente General, lo mantiene o lo sustituye

12.1.3 Gerencia General

Representada por el Gerente General, máximo funcionario de la Administración de la Empresa.

Funciones

Lleva a cabo la política y lineamientos fijados por el Directorio

Planea, organiza y dirige las operaciones de la empresa

Coordina entre la Gerencia Administrativa, la Gerencia de Operaciones y la Gerencia Legal y de Relaciones Industriales

12.1.4 Gerencia de Operaciones e Investigación

Representada por un profesional, requiere ser Ingeniero Químico

Funciones

Controlar el funcionamiento integral de la planta y supervisar a la jefatura de Planta y

a la Jefatura de Laboratorio y Seguridad.

Actualización de cuadros presupuestales

Se encarga de proyectos de desarrollo de nuevas áreas de producción.

12.1.4.1 Superintendencia de Planta

Representada por un profesional, requiere ser Ingeniero Químico.

Funciones

Supervisar el normal funcionamiento de la planta, en lo que respecta al planeamiento y control de la producción

- Evaluar al personal, máquinas y equipos
- Solucionar problemas laborales simples

A₁ Asistente del Superintendente de Planta

Representado por un profesional, requiere ser Ingeniero Químico.

Funciones

- Responder directamente al Superintendente de Planta.

Secundar y reemplazar al Superintendente de Planta en todas sus funciones

Controlar la llegada de materia prima.

Controlar el despacho físico del producto terminado.

A₂ Supervisores de Guardia

Se requiere un Ingeniero Químico por Turno

Funciones

Controlar en forma directa al personal obrero, maquinaria y equipos

Recepcionar y evaluar los reportes de turno del personal obrero

Solucionar problemas simples del proceso productivo

- Coordinar las actividades concerniente al proceso productivo

A₃ Mantenimiento

Representa al departamento de Mantenimiento. Se requiere un Ingeniero Mecánico-Eléctrico.

Funciones

Se encargará de los programas de mantenimiento correctivo y preventivo de la Planta.

Controlar en forma directa el taller mecánico eléctrico así como también al personal obrero de mantenimiento, materiales y herramientas. Tiene a su cargo 1 Técnico Mecánico-electricista y auxiliares de mantenimiento.

A₄ Almacén de Materiales, Repuestos y Herramientas

Representada por una persona con experiencia en Logística.

Funciones

Se encarga del buen abastecimiento y servicio requeridos, relacionados con materiales, repuestos y herramientas.

Tiene a su cargo 1 auxiliar.

12.1.4.2 Laboratorio y Seguridad

Representado por un profesional, se requiere ser Químico.

Funciones

- Se encarga de controlar la contaminación ambiental y de la apropiada seguridad personal de la planta.

Se encarga de la rotulación correcta de la planta, con avisos preventivos.

Se encarga del control de calidad de la materia prima, insumos y producto terminado.

Tiene a su cargo 2 laboratoristas

12.1.5 Gerencia de Administración y Finanzas

Representada por un profesional, se requiere ser Ingeniero Industrial o Economista.

Funciones

Se encargará del buen funcionamiento de la contabilidad, comercialización y compras de la empresa.

Efectuará presupuestos en coordinación con el

Gerente de Operaciones e Investigación.

A. Ventas

Representa al Departamento de Ventas

Funciones

Se emcarga de la Comercialización del producto, despacho documentario, facturación y seguimiento.

Personal

Un (1) Jefe de departamento, especialista en ventas.

- Una (1) secretaria

Dos (2) vendedores

B. Contabilidad

Representa el Departamento de Contabilidad

Funciones

Se encargará de la parte contable de la empresa

- Contabilidad General y Planillas

Contabilidad de Costos

Personal

Un (1) Contador

Un (1) Auxiliar de Contabilidad

C. Compras

Representa al Departamento de Compras

Funciones

Se encarga de la adquisición de la materia prima, previo visto bueno de la Gerencia de Administración y Finanzas y de la Gerencia

de Operaciones e Investigación

Se encarga de la adquisición de materiales, repuestos, herramientas y otros; para la Empresa.

Llevará el control de órdenes de compra y proveedores

Personal

- Una (1) persona experimentada en compras

12.1.6 Gerencia de Relaciones Industriales

Funciones

Problemas Laborales

Entrenamiento y Capacitación del personal

Atender problemas personales de empleados y obreros.

Personal

Un (1) Relacionador Industrial

Una (1) Asistente Social

12.2 ADMINISTRACION GENERAL

12.2.1	<u>Personal Administrativo</u>	<u>Can</u> <u>tid</u>
12.2.1.1.	<u>Gerencia General</u>	
	Gerente General	1
	Secretaria	1
12.2.1.2	<u>Gerencia de Operaciones e Investigación</u>	
	Gerente de Operaciones e Investigación	1
	- Secretaria	1

C. Compras

- Comprador	1
-------------	---

12.2.1.4	<u>Gerencia de Relaciones</u>	
	<u>Industriales</u>	

Gerente de RR. II.	1
--------------------	---

Asistente Social	1
------------------	---

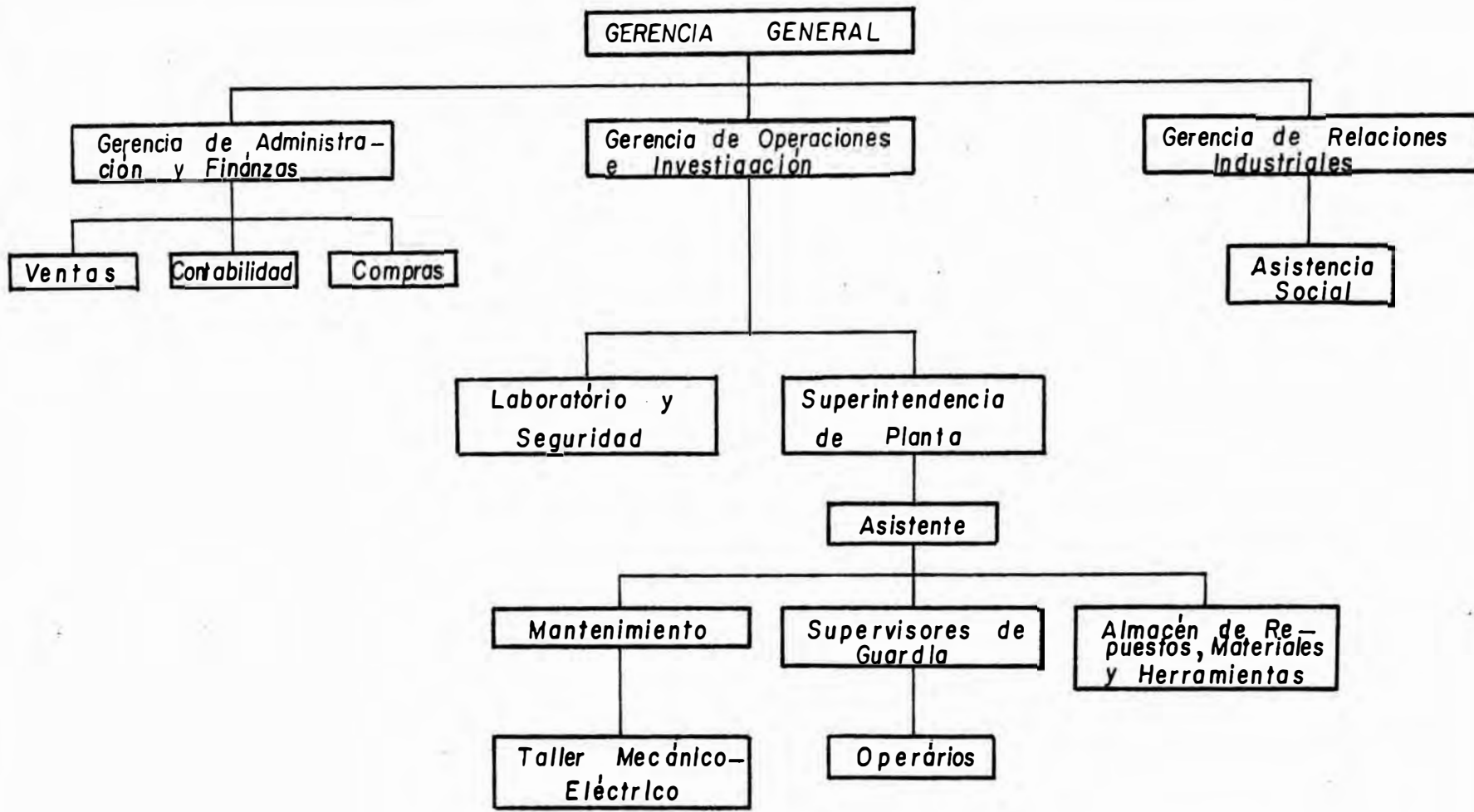
12.2.2	<u>Remuneraciones</u>	
--------	------------------------------	--

En los Cuadros 12.1, 12.2, y 12.3, se muestra al personal de empleados y su respectivo sueldo básico en el 1er., 2do. y 3er. turno de trabajo, respectivamente.

10.3 ASPECTO LEGAL

Dado que las perspectivas económicas del proyecto superan ampliamente los límites en el valor bruto de los ingresos señalados por la ley de la Pequeña Empresa, el tipo de Sociedad a constituir más adecuado para nuestro Proyecto será la Sociedad Anónima.

Nuestra Empresa como Sociedad Anónima, estará regida de acuerdo a lo establecido en la Ley de Sociedades Mercantiles. Asimismo, esta Empresa, por su giro y número de trabajadores estará también sujeta a lo establecido tanto en la Ley General de Industrias como en la Ley de Comunidad Industrial.



ORGANIZACION ESTRUCTURAL FUNCIONAL

CUADRO 12.1

Remuneraciones del Personal de Empleados del 1er. Turno de Trabajo

(7.30 am. - 3.30 pm.)

DESCRIPCION	PERSONAL	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Gerencia General</u>			
- Gerente General	1	385,000	6'606,600
- Secretaria	1	130,000	2'230,800
<u>Gerencia de Operaciones e Investigación</u>			
- Gerente de Operaciones e Investigación	1	295,000	5'062,200
- Secretaria	1	99,000	1'698,840
<u>Superintendencia de Planta</u>			
- Superintendente de Planta	1	220,000	3'775,200
- Asistente	1	160,000	2'745,600
<u>Supervisión</u>			
- Supervisores de Guardia	2	115,000	3'946,800
<u>Mantenimiento</u>			
- Jefe de Mantenimiento	1	220,000	3'775,200
- Supervisor de Mantenimiento	1	115,000	1'973,400
<u>Almacén de Materiales, Repuestos y Herramientas</u>			
- Almacenero	1	80,000	1'372,800
<u>Laboratorio y Seguridad</u>			
- Jefe de Laboratorio y Seguridad.	1	220,000	3'775,200
- Laboratoristas	2	100,000	3'432,000
<u>Gerencia de Administración y Finanzas</u>			
Gerente de Administrac. y Finanz.	1	220,000	3'775,200

CUADRO 12.1
(Continuación)

DESCRIPCION	PERSONAL	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
- Secretaria	1	90,000	1'544,400
<u>Ventas</u>			
- Jefe de Ventas	1	160,000	2'745,600
- Vendedores	2	100,000	3'432,000
- Secretaria	1	70,000	1'201,200
<u>Contabilidad</u>			
- Contador	1	160,000	2'745,600
- Auxiliares	1	90,000	1'544,400
<u>Compras</u>			
- Comprador	1	100,000	1'716,000
<u>Gerencia de Relaciones Industriales</u>			
- Gerente de RR. II.	1	200,000	3'432,000
- Asistente Social	1	100,000	1'716,000
<u>Enfermería</u>			
- Enfermero	1	80,000	1'372,800
T O T A L	26		65'619,840

CUADRO 12.2

Remuneración del Personal de Empleados del 2do. Turno de
Trabajo

(3.30 pm. - 11.30 pm.)

DESCRIPCION	PERSONAL	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Supervisión</u>			
- Supervisor de Guardia	1	115,000	1'973,400
<u>Mantenimiento</u>			
- Supervisor de Manteni- miento	1	115,000	1'973,400
T O T A L	2		3'946,800

CUADRO 12.3

Remuneración del Personal de Empleados del 3er. Turno
DE Trabajo
 (11.30 pm. - 7.30 am.)

DESCRIPCION	PERSONAL	SUELDO BASICO (S/.)	TOTAL ANUAL (S/.)
<u>Supervisión</u>			
- Supervisor de Guardia	1	115,000	1'973,400
<u>Mantenimiento</u>			
- Supervisor de Manteni- miento	1	115,000	1'973,400
T O T A L	2		3'946,800

13. ESTUDIO DE LA RENTABILIDAD

13.1 FLUJOS ECONOMICO Y FINANCIERO

13.1.1 Flujo Económico

Los saldos netos anuales de los flujos de beneficios y costos constituyen los flujos económicos utilizados en toda evaluación económica.

Esta evaluación económica, nos muestra los méritos del proyecto sin tomar en consideración la procedencia ni el pago de los recursos financieros que requiera el proyecto.

En el Cuadro 13.1 se puede apreciar el Flujo Económico del Proyecto.

13.1.2 Flujo Financiero

A diferencia del flujo económico, el flujo financiero sí toma en consideración la manera de

obtención y pago de los recursos financieros requeridos para el proyecto.

En el Cuadro 13.2 se aprecian dos flujos financieros, uno antes del impuesto y el otro después del Impuesto y Participaciones

13.2 PERIODO DE RECUPERO

El período de recuperó o repago, es un indicador que mide o establece el tiempo necesario para que los inversionistas recuperen su inversión a través de las utilidades.

Para el cálculo del Período de Recuperó, los datos han sido tomados del flujo financiero después de impuestos y participaciones.

AÑO	INVERSION (miles de soles)	UTILIDAD (miles de soles) DEL PERIODO	ACUMULADO
0	949,849		
1		548,886	548,886
2		305,478	854,364
3		205,202	1'059,566
4		571,625	1'631,191
5		1'123,148	2'754,339
6		1'114,185	3'868,524
7		1'245,283	5'113,807
8		1'233,885	6'347,692
9		1'363,803	7'711,495
10		2'719,418	10'430,913

Por lo tanto, el Período de Recuperó es igual a 2.46 años.

13.3 VALOR PRESENTE NETO

El Valor Presente Neto (VPN), es uno de los indicadores más eficaces de la rentabilidad del Proyecto. El Valor Presente Neto, también llamado Valor Actual Neto (VAN), es la suma algebraica de los valores actualizados (después de impuestos y participaciones) de nuestro Proyecto, a una tasa de interés implícita, denominada "Costo de Oportunidad del Capital del Inversionista".

Si utilizando la mencionada tasa, obtenemos un VPN negativo, el proyecto no conviene: si dicho VPN resulta positivo, éste es conveniente. Si el VPN resultara cero o cercano a él, es indiferente invertir o no en el proyecto.

Para el presente análisis se empleará un 4 % como costo de oportunidad, ya que al trabajar en soles constantes estamos suponiendo ganar un 4 % por encima de la inflación.

A continuación tenemos el cálculo del valor presente neto financiero que arroja el proyecto:

AÑO	FLUJO FINANCIERO	TASA AL 4 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO
0	(949,849)	1,0000	(949,849)
1	548,886	0.9615	527,754
2	305,478	0.9246	282,445
3	205,202	0.8890	182,425
4	571,625	0.8548	488,625
5	1'123,148	0.8219	923,115
6	1-114,185	0.7903	880.540
7	1'245,283	0.7599	946,291
8	1'233,885	0.7307	901,600
9	1'363,803	0.7026	958,208
10	1'351,245	0.6756	912,901
TOTAL		VPN	6'054,055

13.4 TASA INTERNA DE RETORNO

La Tasa Interna de retorno es aquella tasa de actualización a la cual el valor presente neto (VPN) resulta igual a cero.

Tenemos dos tipos de TIR, económico y financiero, (antes y después del impuesto y participaciones).

13.4.1 TIR Económico

El TIR Económico se ha calculado en base al Flujo Económico del Cuadro 13.1 y es del orden del 83.97 % (Ver Cuadro 13.3)

13.4.2 TIR Financiero

A. TIR Financiero antes de impuestos

El TIR Financiero antes de impuestos, se ha calculado en base al Flujo Financiero (Antes de Impuestos) mostrado en el Cuadro 13.2, y es del orden del 117.58 % (Ver Cuadro 13.4); hecho de que este TIR Financiero sea superior al TIR Económico calculado anteriormente implica de que se justifica plenamente el criterio adoptado para financiar parte de la inversión que requiere el proyecto.

B. TIR Financiero después de Impuestos y Participaciones

El TIR Financiero después de Impuestos y Participaciones, ha sido calculado en base al Flujo Financiero (Después de Impuestos) mostrado en el Cuadro 13.2, arrojándonos una tasa de 57.13 % (Ver

Cuadro 13.5"

Comparando este TIR final, con el "Costo de Oportunidad" del inversionista, observaremos que nuestro TIR es un 1,328,25 % mayor.

CUADRO 13.1
Flujo Económico
(Miles de soles constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>BENEFICIOS</u>						
Ingresos por ventas		5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
Valor Residual						
T O T A L		5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
<u>COSTOS</u>						
Materia prima directa		2'788,856	2'788,856	2'788,856	2'788,856	3'904,398
Mano de Obra Directa		25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación		288,754	283,912	283,912	283,912	389,767
Gastos Administrativos		46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Venta		7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Impuesto General a las Ventas		385,124	385,124	385,124	385,124	539,173
T O T A L		3'542,445	3'537,603	3'537,603	3'537,603	4'913,049
<u>INVERSION</u>	2'093,269					
FLUJO ECONOMICO	(2'093,269)	1'684,905	1'689,747	1'689,747	1'689,747	2'405,238

CUADRO 13.1

(Continuación)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>BENEFICIOS</u>					
Ingreso por Ventas	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226
Valor Residual					1'368,173
T O T A L	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	10'777,399
<u>COSTOS</u>					
Materia Prima Directa	3'904,398	4'462,169	4'462,169	5'019,940	5'019,940
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	384,924	434,993	434,993	485,080	485,080
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Venta	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Impuesto General a las Ventas	539,173	616,198	616,198	693,222	693,222
T O T A L	4'908,206	5'593,071	5'593,071	6'277,953	6'277,953
<u>INVERSION</u>					
FLUJO ECONOMICO	2'410,081	2'770,686	2'770,686	3'131,273	4'499,446

CUADRO 13.2
Flujo Financiero
(Miles de Soles Constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>FLUJO ECONOMICO</u>						
Más : Préstamos	(2'093,269)	1'684,905	1'689,747	1'689,747	1'689,747	2'405,238
Menos: Gastos Financieros		376,496	540,793	373,687	116,345	
Amortización Préstamo		141,952	309,454	476,560	215,454	
<u>FLUJO FINANCIERO ANTES DE IMPUESTOS</u>	(949,849)	1'166,457	839,500	839,500	1'357,948	2'405,238
Menos: Imp.al Patrimonio Empresarial		40,900	53,960	69,178	87,160	114,330
Impuesto a la Renta		493,671	407,413	483,357	603,038	1'025,808
Aportaciones y Participaciones		83,000	72,649	81,763	96,125	141,952
<u>FLUJO FINANCIERO DESPUES DE IMPUESTO Y PARTICIPACION</u>	(949,949)	548,886	305,478	205,202	571,625	1'123,148

CUADRO 13.2

Flujo Financiero

(Miles de Soles Constantes)

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>FLUJO ECONOMICO</u>	2'410,081	2'770,686	2'770,685	3'131,273	4'499,446
Más: Préstamo					
Menos: Gastos Financieros					
Amortización					
Préstamo					
<u>FLUJO FINANCIERO ANTES DE IMPUESTOS</u>	2'410,081	2'770,686	2'770,686	3'131,273	4'499,446
Menos: Imp.al Patrim. Em- presarial	140,131	169,683	198,465	230,976	262,688
Impuesto a la Renta	1'014,885	1'196,964	1'181,134	1'361,576	1'344,134
Aportaciones y Parti- cipaciones	140,880	158,756	157,202	174,918	173,206
<u>FLUJO FINANCIERO DESPUES DE IMPUESTO Y PARTICIPACION</u>	1'114,185	1'245,283	1'233,885	1'363,803	2'719,418

CUADRO 13.3

Tasa Interna de Retorno Económico

AÑO	TASA 83 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO	AÑO	TASA 84 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO
0	1.0000	(2'093,269)	0	1.0000	(2'093,269)
1	0.5464	920,632	1	0.5435	915,746
2	0.2986	504,558	2	0.2954	499,151
3	0.1632	275,767	3	0.1605	271,204
4	0.0892	150,725	4	0.0872	147,346
5	0.0487	117,135	5	0.0474	114,008
6	0.0266	64,108	6	0.0258	62,180
7	0.0145	40,175	7	0.0140	38,790
8	0.0079	21,888	8	0.0076	21,057
9	0.0043	13,464	9	0.0041	12,838
10	0.0024	10,799	10	0.0022	9,899
	TOTAL	<u>25,982</u>		TOTAL	<u>(1,050)</u>

$$\text{TIRE} = 83 + \frac{25,982}{25,982 + 1,050} = 83,95 \%$$

CUADRO 13.4

Tasa Interna de Retorno Financiera

(Antes de Impuesto)

AÑO	TASA 117 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO	AÑO	TASA 118 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO
0	1.0000	(949,849	0	1.0000	(949,849)
1	0.4608	537,503	1	0.4587	535,054
2	0.2124	178,310	2	0.2104	176,631
3	0.0979	82,187	3	0.0965	81,012
4	0.0451	61,243	4	0.0443	60,157
5	0.0208	50,029	5	0.0203	48,826
6	0.0096	23,137	6	0.0093	22,414
7	0.0044	12,191	7	0.0043	11,914
8	0.0020	5,541	8	0.0020	5,541
9	0.0009	2,818	9	0.0009	2,818
10	0.0004	1,800	10	0.0004	1,800
	TOTAL	<u>4,910</u>		TOTAL	<u>(3,682)</u>

$$\text{TIRF} = + \frac{4,910}{4,910 + 3,683} = 117.57 \%$$

CUADRO 13.5

Tasa Interna de Retorno Financiera
(Después de Impuestos y Participaciones)

AÑO	TASA 57 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO	AÑO	TASA 58 % DE ACTUALIZACION	VALOR PRESENTE NETO
0	1.0000	(949,849	0	1.0000	(949,849)
1	0.6369	349,585	1	0.6329	347,390
2	0.4057	123,932	2	0.4006	122,374
3	0.2584	53,024	3	0.2535	52,019
4	0.1646	94,089	4	0.1605	91,746
5	0.1048	117,806	5	0.1016	114,112
6	0.0668	74,428	6	0.0643	71,642
7	0.0425	52,925	7	0.0407	50,683
8	0.0271	33,438	8	0.0257	31,711
9	0.0172	23,457	9	0.0163	22,230
10	0.0110	29,914	10	0.0103	28,010
	TOTAL	<u>2,649</u>		TOTAL	<u>(17,932)</u>

$$\text{TIRF} = 57 + \frac{2,649}{2,649 + 17,932} = 57.13 \%$$

14. ANALISIS DE SENSIBILIDAD

En este análisis, se afectarán algunas variables independientes del Proyecto, para de esta manera poder observar las variaciones de los TIR con respecto a los obtenidos en el Estudio de la Rentabilidad.

14.1 ANALISIS DE SENSIBILIDAD AFECTANDO LA DEMANDA

Este análisis de sensibilidad ha sido realizado afectando la demanda en un 35 %; este porcentaje representa la demanda de acrilamida por parte de los rubros de Acido Adípico y Nylon 66 que han sido considerados como futuros consumidores, tal como se vió en el Estudio de Mercado. En lo que respecta a las demandas de los demás rubros, éstas han sido desarrolladas con supuestos sumamente restrictivos.

En el Cuadro 14.1, se pueden observar los Flujos Económicos y financieros correspondientes a este punto.

De este análisis obtenemos un TIR Económico de 54,64 % y un TIR Financiero de 61.18 %.

Estos tir obtenidos, con respecto a los del Estudio de Rentabilidad, representan:

El TIR Económico, una disminución del 34.92 %

El TIR financiero, una disminución del 47.96 %

14.2 ANALISIS DE SENSIBILIDAD AFECTANDO LOS COSTOS

Este análisis de sensibilidad ha sido realizado afectando los costos en un 10 %, sin que los precios de venta varíen.

En el Cuadro 14.2, se pueden observar los Flujos Económicos y Financieros respectivos.

De este análisis se obtiene un TIR Económico de 67.66 % y un TIR Financiero de 84.55 %.

Estos TIR obtenidos, con respecto a los del Estudio de Rentabilidad, representan:

- El TIR Económico, una disminución del 19.41 %

- El TIR Financiero, una disminución del 28.08 %

Sin embargo si los TIR de ambos casos; los comparamos con el Costo de Oportunidad del Inversor (4 %), veremos que el proyecto, sigue siendo muy rentable.

CUADRO 14.1

Análisis de Sensibilidad afectando en 35 % la Demanda

Flujos Económico y Financiero

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>BENEFICIOS</u>						
Ingresos por Ventas		3'397,776	3'397,776	3'397,776	3'397,776	4'756,887
Valor Residual						
TOTAL		3'397,776	3'397,776	3'397,776	3'397,776	4'756,887
<u>COSTOS</u>						
Materia Prima Directa		1'812,756	1'812,756	1'812,756	1'812,756	2'537,859
Mano de Obra Directa		25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación		201,114	196,271	196,271	196,271	267,071
Gastos Administrativos		46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Ventas		7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Imp.Gral. a las Ventas		250,331	250,331	250,331	250,331	350,462
TOTAL		2'343,912	2'339,069	2'339,069	2'339,069	3'235,103
<u>INVERSION</u>	2'093.269					
FLUJO ECONOMICO	(2'093,269)	1'053,864	1'058,707	1'058,707	1'058,707	1'521,784
Mas : Pfestamo	1'143,420					
Menos: Gastos Financ.		376,496	540,793	373,687	116,345	
Amortiz.Prést.		141,952	309,454	476,560	215,454	
FLUJO FINANCIERO	(949,849)	535,416	208,460	208,460	726,908	1'521,784

CUADRO 14.1

Análisis de Sensibilidad afectando en 35% la Demanda

Flujos Económico y Financiero

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>BENEFICIOS</u>					
Ingresos por Ventas	4'756,887	5'436,442	5'436,442	6'115,997	6'115,997
Valor Residual					928,927
TOTAL	4'756,887	5'436,442	5'436,442	6'115,997	7'044,924
<u>COSTOS</u>					
Materia Prima Directa	2'537,859	2'900,410	2'900,410	3'262,961	3'262,961
Mano de Obra Directa	25,337	25,337	25,337	25,337	25,337
Gastos de Fabricación	262,229	294,773	294,773	327,330	327,330
Gastos Administrativos	46,995	46,995	46,995	46,995	46,995
Gastos de Venta	7,379	7,379	7,379	7,379	7,379
Imp.Gral.a las Ventas	3'230,261	3'675,423	3'675,423	4'120,596	4'120,596
<u>INVERSION</u>					
FLUJO ECONOMICO	1'526,626	1'761,019	1'761,019	1'995,401	2'924,328
Más Píestamo					
Menos Gastos Financieros					
Amortización Píestamo					
FLUJO FINANCIERO	1'526,626	1'761,019	1'716.019	1'995,401	2'924,328

CUADRO 14.2

Análisis de Sensibilidad afectando en 10 % los costos

Flujos Económico y Financiero

DESCRIPCION/AÑOS	0	1	2	3	4	5
<u>BENEFICIOS</u>						
Ingresos por Ventas Valor Residual		5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
TOTAL		5'227,350	5'227,350	5'227,350	5'227,350	7'318,287
<u>COSTOS</u>						
TOTAL		3'896,690	3'891,363	3'891,363	3'891,363	5'404,354
<u>INVERSION</u>	2'093.269					
FLUJO ECONOMICO	(2'093,269)	1'330,660	1'335,987	1'333,987	1'335,987	1'913,933
Más : Préstamo	1'143,420					
Menos: Gastos Financieros		376,496	540,793	373,687	116,345	
Amortiz. Préstamo		141,952	309,454	476,560	215,454	
FLUJO FINANCIERO	(949,849)	812,212	485,740	485,740	1'004,188	1'913,933

CUADRO 14.2

Análisis de Sensibilidad afectando en 10 % los Costos

Flujos Económico y Financiero

DESCRIPCION/AÑOS	6	7	8	9	10
<u>BENEFICIOS</u>					
Ingresos por Ventas	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	9'409,226
Valor Residual					1'368,173
TOTAL	7'318,287	8'363,757	8'363,757	9'409,226	10'777,399
<u>COSTOS</u>					
TOTAL	5'399,027	6'152,378	6'152,378	6'905,748	6'905,748
<u>INVERSION</u>					
FLUJO ECONOMICO	1'919,260	2'211,379	2'211,379	2'503,478	3'871,651
Más : Préstamo					
Menos: Gastos Financieros					
Amortización Prést.					
FLUJO FINANCIERO	1'919,260	2'211,379	2'211,379	2'503,478	3'871,651

A N E X O

CONTENIDO

- A. Generalidades
 - A-1 Reacciones del Monómero
 - A-2 Polimerización de la Acrilamida
 - A-3 Poliacrilamida
 - A-4 Modificación del Polímero
- B. Estudio de Mercado
 - B-1 Usos y Aplicaciones del Producto
- C Ingeniería del Proyecto
 - C-1 Propiedades Críticas y Físicas de las Especies
 - C-2 Balance de Materia
 - C-3 Sistema de Reacción
 - C-4 Diseño de los Sistemas de Operaciones Unitarias
- D. Seguridad Industrial
 - D-1 Rotulación e Información
 - D-2 Detección de la Toxicidad Ambiental de la Acrilamida - Método "DPP"
- E. Presupuesto de Costos e Ingresos
 - E-1 Cálculo del Costo de la Materia Prima Importada
 - E-2 Cálculo del Costo de las Resinas de Intercambio Iónico
 - E-3 Cálculo del Costo del Catalizador
 - E-4 Requerimiento y Frecuencia Anual de Importación

de Acrilonitrilo y Transporte Diario de
Acrilonitrilo a la Planta

F. Estados Financieros

- F-1 Decreto Legislativo No.213 del 12-06-81,
sobre el Impuesto al Patrimonio Empresarial
- F-2 Decreto Legislativo No. 200 del 12-06-81,
sobre el Impuesto a la Renta.

Símbolos y Abreviaturas

A	:	Area de transferencia de calor, o sección transversal, o superficie
A _d	:	Area de diseño de transferencia de calor
A _p	:	Area de pellet
ACM	:	Acrilamida
ACN	:	Acrilonitrilo
a _a	:	Area de flujo por el lado de coraza
a _t	:	Area total de flujo en los tubos
a' _t	:	Area de flujo por cada tubo
BHP	:	Potencia al freno mecánico
C	:	Constante, o Concentración, o ($\tau_p \times m$)
C _i	:	($\bar{c}_{pi} \times m_i$)
\bar{C}_i	:	Concentración sobre la superficie catalítica
c _i	:	Concentración de la especie fluida "i"
\bar{c}_i	:	Concentración de la especie "i" absorbida
\bar{c}_p	:	Calor específico
\bar{c}_{pi}	:	Calor específico del componente "i"
D	:	Diámetro
D _{a-}	:	Diámetro del recipiente aniónico
D _{c+}	:	Diámetro del recipiente catiónico

D_p	:	Dimensión característica del pellet
D_t	:	Diámetro de recipiente o dureza total del agua
D_e	:	Diámetro equivalente
D_{si}	:	Diámetro interior de coraza IPS
$(D_{si})^\circ$:	Diámetro interior de coraza BWG
D_e	:	Diámetro equivalente para la caída de presión en la coraza
D_p'	:	Diámetro de rodete tipo hélice
D_t	:	Demanda proyectada
DE	:	Diámetro exterior de tubo
DI	:	Diámetro interior de tubo
d	:	Densidad
E	:	Distancia entre el rodete de agitación y el fondo del tanque
ECH	:	Hidroxipropionitrilo
\mathcal{E}'	:	Avance molar de la reacción
\mathcal{E}'	:	Avance fraccional de la reacción
\mathcal{E}_e	:	Avance fraccional de la reacción en el equilibrio
ϵ	:	Eficiencia a la transferencia de calor
ϵ_L	:	Fracción vacía de lecho relleno

ϵ_M	:	Fracción vacía del macroporo del catalizador
ϵ_p	:	Fracción vacía de las partículas del pellet
ϵ_s	:	Fracción de sólidos del pellet
ϵ_μ	:	Fracción vacía del microporo del pellet
e_{cal}	:	Espesor de pared calculado
e_{corr}	:	Sobre-espesor para la corrosión
e_d	:	Espesor de pared de diseño
F	:	Flujo molar de alimentación
ΔF_1	:	Pérdida de presión por entrada y salida
ΔF_a	:	Caída de presión en el ánulo (en pies de líquido)
ΔF_t	:	Caída de presión en los tubos (pies de líquido)
f	:	Factor de fricción
f_p	:	Factor de fricción de Fanning en lecho <u>relle</u> no
f_s	:	Factor de fricción de Fanning para la caída de presión en la coraza
f'	:	Factor de área disponible para lechos cata- líticos
f_p'	:	Factor de tiempo de mezcla
G_a	:	Masa - Velocidad en el ánulo
G_s	:	Masa - Velocidad en la coraza
G_t	:	Masa - Velocidad en los tubos

ΔG_T	:	Cambio de energía libre a la temperatura "T"
g	:	Aceleración de la gravedad
H	:	Altura
H _{a-}	:	Altura del recipiente aniónico
H _{c+}	:	Altura del recipiente catiónico
H _{cab}	:	Altura de cabezales
H _l	:	Entalpía de líquido
H _R	:	Altura de cada unidad del reactor
H _v	:	Entalpía de vapor
H _a	:	"Head" adiabático de compresión
H _t	:	Longitud de tubo, o columna líquida total de una bomba
ΔH_r	:	Entalpía de reacción
h _o	:	Coefficiente de película de transferencia de calor por el lado de coraza
h _{io}	:	Coefficiente de película de transferencia de calor por el lado de tubos
IHP	:	Potencia para la compresión isoentrópica
K	:	Constante, o Constante de equilibrio de la reacción directa, o Razón de calores específicos
\bar{K}	:	Conductividad térmica
\bar{K}	:	Constante de equilibrio de la reacción global

K'	:	Constante de equilibrio de la reacción <u>indirecta</u>
K''	:	Coefficiente de Guye
L	:	Longitud, o Longitud de tubos, o Pérdida de energía, o Flujo molar de fase líquida
LHP	:	Caballaje líquido
M	:	Peso molecular
MLDT:		Diferencia media logarítmica de temperatura
m	:	Flujo másico o Exponente isoentrópico
m_c	:	Flujo másico del fluido frío
m_h	:	Flujo másico del fluido caliente
m_i	:	Flujo másico del componente "i"
N	:	Número de pasos
NA	:	Nivel alto
NB	:	Nivel bajo
NM	:	Nivel mínimo
NM'	:	Nivel máximo
NP	:	Velocidad de rodete
Ntu	:	Número de unidades de transferencia de calor
N_i	:	Flujo molar de "i" en afluente líquido
n_{fi}	:	Flujo molar de "i" en la alimentación
n_t	:	Número de tubos
n_i'	:	Flujo molar de "i" en el efluente vapor
P	:	Presión

P_c	:	Presión crítica
P_d	:	Presión de descarga
P_h	:	Presión hidrostática
P_{ho}	:	Presión hidrostática de operación
P_{hd}	:	Presión hidrostática de diseño
P_i	:	Presión parcial del componente "i"
P_r	:	Presión reducida
P_s	:	Presión de succión
P_v	:	Presión de vapor
P'	:	Potencia
ΔP_{a-}	:	Caída de presión total en el lecho aniónico
$[\Delta P_{a-}]$:	Caída de presión por pie de lecho aniónico
ΔP_{c+}	:	Caída de presión total en el lecho catiónico
$[\Delta P_{c+}]$:	Caída de presión por pie de lecho catiónico
ΔP_a	:	Caída de presión en el ánulo
ΔP_t	:	Caída de presión en los tubos
ΔP_s	:	Caída de presión por el lado de coraza
PAM	:	Poliacrilamida
Q	:	Flujo volumétrico
Q _l	:	Flujo volumétrico de líquido
Q _c	:	Flujo volumétrico de vapor
q	:	Calor
q _{rem}	:	Calor removido

Q_{req}	:	Calor requerido
Q_{rxn}	:	Calor generado por efecto de la reacción
R	:	Constante universal de los gases
R_d	:	Factor de obstrucción
Re_a	:	Número de Reynolds en el ánulo
Re_p	:	Número de Reynolds para la caída de presión en lechos rellenos
Re_s	:	Número de Reynolds por el lado de la coraza
Re'_t	:	Número de Reynolds especial para lechos catalíticos
r	:	velocidad de reacción, o razón de compresión
S_p	:	Superficie de pellet
ΔS_T°	:	Cambio de entropía standard del sistema
s	:	Gravedad específica, o número de etapas de compresión
T	:	Temperatura absoluta
T_c	:	Temperatura crítica absoluta
T_d	:	Temperatura de descarga
T_r	:	Temperatura reducida
T_s	:	Temperatura de succión
T_B°	:	Temperatura absoluta de ebullición normal
t	:	Temperatura ordinaria
t_h	:	Temperatura de fluido caliente
t_c	:	Temperatura de fluido frío

t_1	:	Temperatura ordinaria de entrada del fluido principal a un sistema de intercambio de calor
t_2	:	Temperatura ordinaria de salida del fluido principal de un sistema de intercambio de calor
t_3	:	Temperatura ordinaria de entrada del fluido auxiliar a un sistema de intercambio de calor
t_4	:	Temperatura ordinaria de salida del fluido auxiliar de un sistema de intercambio de calor
t_w	:	Temperatura ordinaria de pared de un intercambiador de calor
t_b^o	:	Temperatura ordinaria de ebullición normal
U	:	Coefficiente global primario de transferencia de calor
U_c	:	Coefficiente total limpio de transferencia de calor
U_d	:	Coefficiente global de diseño de transferencia de calor
v	:	Volumen, o Flujo molar de fase vapor
v_a^-	:	Volumen de resina aniónica
v_c	:	Volumen crítico molar
v_{c^+}	:	Volumen de resina catiónica
v_{cab}	:	Volumen de cabezales

$(V_g)_M$:	Volumen vacío de los macroporos del pellet
$(V_g)_\mu$:	Volumen vacío de los microporos del pellet
V_g	:	Volumen vacío total del pellet
V_p	:	Volumen del pellet
V_R	:	Volumen total de cada unidad de reacción
V_{R1}	:	Volumen total del reactor sin considerar el volumen de los cabezales
V_{R2}	:	Volumen de los cabezales del reactor
V_v	:	Volumen específico de la fase vapor
V_c'	:	Volumen de catálisis
v	:	Velocidad lineal
v_a	:	Velocidad lineal en el ánulo
v_t	:	Velocidad lineal en el tubo
v_c	:	Velocidad crítica de arrastre
\bar{v}_c	:	Velocidad de la corriente antes de entrar en contacto con el lecho relleno
W	:	Peso, o Flujo másico
W_i	:	Flujo másico del componente "i"
W_c'	:	Peso de catalizador
X_i	:	Fracción molar de "i" líquido
X_{fi}	:	Fracción molar de "i" en la alimentación
\bar{X}_i	:	Concentración de centros activos "i"

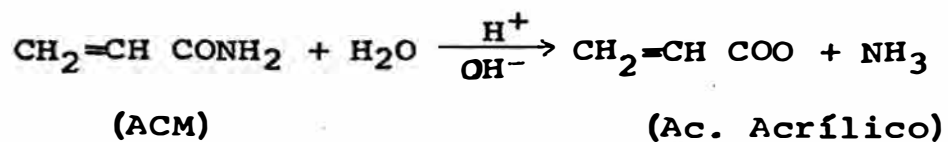
Y_i	:	Fracción molar de "i" vapor
Z	:	Factor de compresibilidad
Z_c	:	Coficiente crítico de compresibilidad
α	:	Coficiente de soldadura
γ_i	:	Coficiente de actividad del componente "i"
ϕ	:	Función potencia
ϕ_a, ϕ_s	:	Factor de corrección de viscosidad en el ánulo y en la coraza, respectivamente
ρ	:	Peso específico
ρ_l	:	Peso específico de fase líquida
ρ_v	:	Peso específico de fase vapor
ρ_p	:	Peso específico del pellet
ρ_p	:	Peso específico de las partículas del pellet
ρ_s	:	Peso específico de la fase sólida del pellet
λ_v	:	Calor latente de vaporización
θ	:	Tiempo
θ_l	:	Tiempo de residencia líquido
θ_p	:	Tiempo de mezcla
θ'	:	Fatiga del metal
$\bar{\mu}$:	Viscosidad absoluta
V_i	:	Número estequiométrico de la especie "i"

A. GENERALIDADES

A-1 Reacciones del Monómero [3-p(6-17)]

1. Hidrólisis

La hidrólisis ácida o básica de la ACM, produce ácido acrílico:

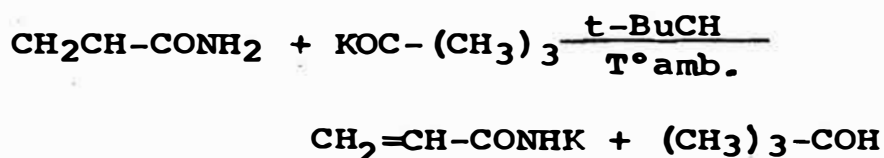


2. Formación de sales

La ACM reacciona con el ácido sulfúrico concentrado para formar el Sulfato de ACM:

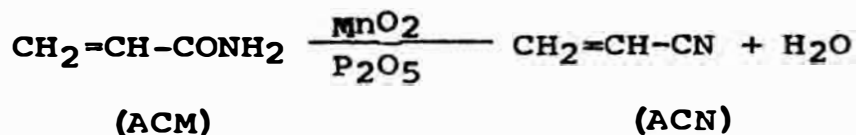


Bajo condiciones especiales, se obtienen las sales de los metales alcalinos. Así por ejemplo, se obtiene N Acrilamida potásica tratando ACM con un alcóxido de potasio:



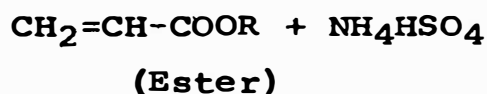
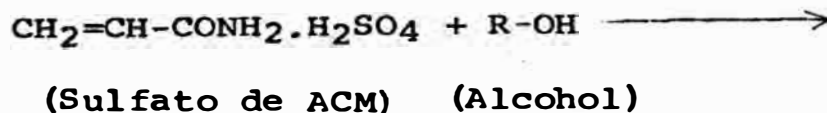
3. Deshidratación

Tratando ACM con Dióxido de Manganeso fundido (MnO_2), a 500°C , se obtiene Acrilonitrilo. Igualmente, se obtiene ACN mediante el Pentóxido Fosforoso (P_2O_5):



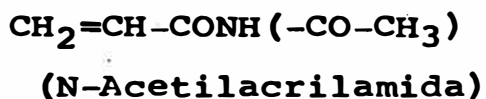
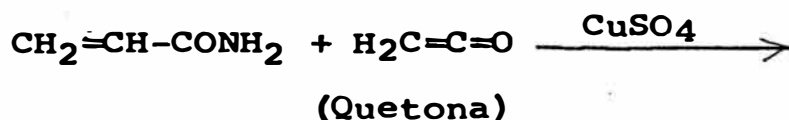
4. Formación de Esteres

El Sulfato de ACM reacciona con los alcoholes para dar los ésteres correspondientes al ácido acrílico, obteniéndose rendimientos tan altos como el 90 %:



5. Acetilación

Se obtiene rápidamente N-Acetilacrilamida por la reacción, en solución etérea, de ACM con una Quetona en presencia de Sulfato de Cobre como catalizador:



6. Reacción con Hidroxicompuestos

La ACM reacciona con Fenoles y Alcoholes Alifáticos, dando buenos rendimientos de β -ariloxi y β -alcoxipropionamidas, respectivamente:



Además, la ACM modifica el Alcohol Polivinílico, así como también, el Almidón y la Celulosa, dando los Eteres Carbamoiletílicos, respectivos.

7. Reacción con Amoníaco y minas

La ACM se adiciona al Hidrógeno activo de estos compuestos.

Con las Aminas Alifáticas Primarias o Secundarias, se obtienen las β -(alquilamino) Propionamidas:



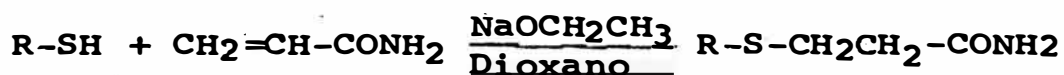


Con Amoníaco concentrado se obtiene con un 90 % de rendimiento, β , β' , β'' -nitrilotripropionamida;



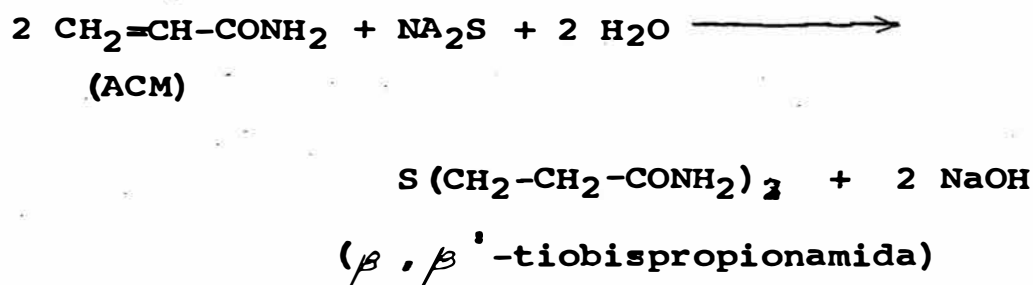
8. Reacción con Mercaptanos

A temperatura ambiente, en Dioxano, y en presencia de Etóxido de Sodio, se obtienen β -alquiltio-propionamidas, a partir de ACM:



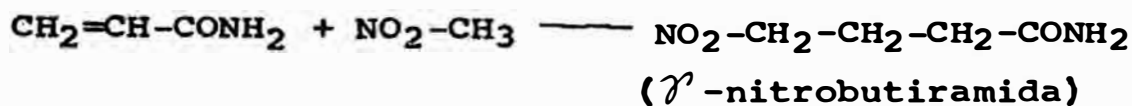
9. Reacción con Sulfuro de Sodio

En solución acuosa, con agitación a temperatura ambiente, y por corto tiempo, se produce un insoluble acuoso con excelente rendimiento:

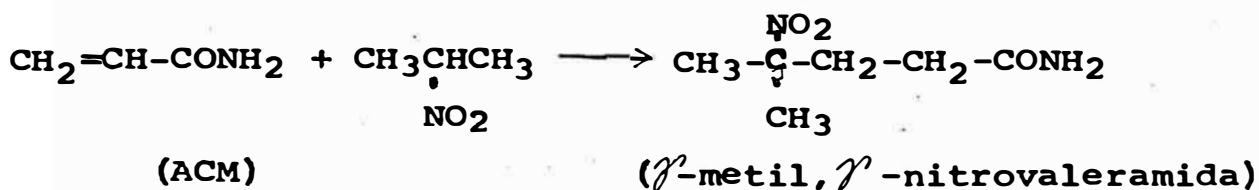


10. Reacción con Nitro-compuestos

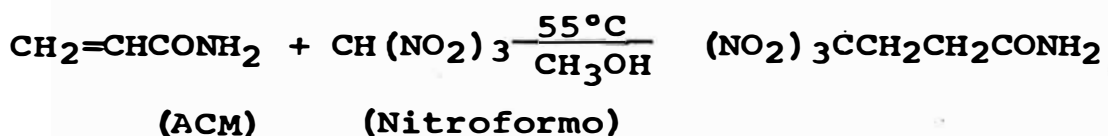
La ACM reacciona con el Nitrometano en presencia de un álcali, para dar γ -nitrobutiramida:



Similarmente, con el 2-Nitropropano, dá γ -metil, γ -nitrovaleramida:



Calentando ACM con Nitroformo en metanol, por 20 minutos y a 55°C, se obtiene γ, γ, γ -trinitrobutiramida:



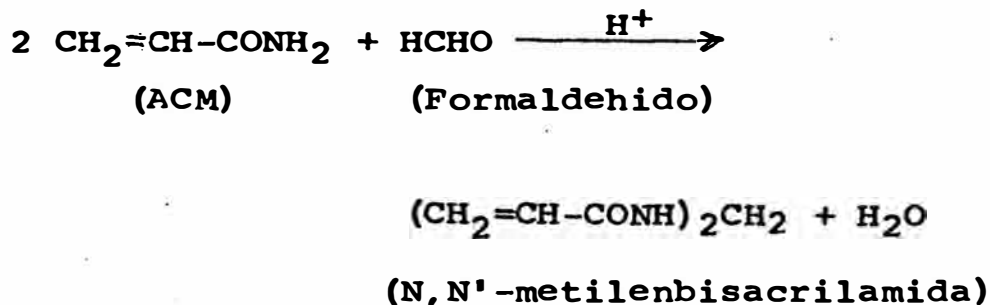
11. Reacción con Aldehidos

Dependiendo de las condiciones de reacción, pueden obtenerse una variedad de productos. Así por ejemplo, reaccionando ACM y Formaldehido en condiciones básicas, se obtiene N-Metiloacrilamida, de gran uso industrial



En cambio, bajo condiciones ácidas, la ACM reacciona con los aldehidos para dar los correspondientes.

Alquilidenbisacrilamida, también de gran uso industrial:



12. Reacción con Quetonas

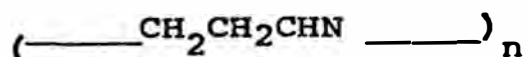
En presencia de base anhidras, tal como el Ter-Butóxido de potasio (t-BuO), o el Hidruro de sodio se obtienen Amidas o Lactamas, las que pueden ser hidrolizadas a Acidos Propiónicos β -substituídos.

13. Reacción de Diels-Alder

Con los Diénos Acíclicos se obtienen dos I-sómeros de adición; mientras que, con los Diénos Cíclicos se obtienen las Carboxamidas correspondientes.

14. Formación de Poliamidas

La ACM, al ser calentada con una base fuerte, polimeriza para dar Poli- β -Alanina, conocida como Nylon-3, siendo su estructura:



15. Hidrodimerización

Consiste en la Dimerización reductiva de la ACM, En este proceso, una solución concentrada de ACM

A-2 Polimerización de la ACM y la Poliacrilamida

A-2.1 Polimerización de la ACM

Bajo condiciones controladas, la ACM puede ser polimerizada utilizando, con mayor frecuencia, la técnica de Iniciación por Radicales Libres ($\Delta H_R = 19.5$ Kcal/mol) en presencia de sistemas catalíticos, tales como Azo-catalizadores y muchos pares redox inorgánicos; pudiéndose utilizar también alternativamente, variadas formas de Radiación, Fotopolimerización y Ondas Ultrasónicas.

En estado sólido, la ACM también puede ser polimerizada por Radiaciones de Ionización [2p(24)].

La cinética de polimerización por Radicales Libres, permite establecer la constante de velocidad para la propagación, en:

$$R_p(25^\circ\text{C}) = 1.7 \times 10^4 \text{ lt/mol-seg}$$

y para la terminación, en

$$R_t(25^\circ\text{C}) = 1.45 \times 10^7 \text{ lt/mol-seg}$$

indicando una velocidad global de polimerización $(R_p/R_t)^{1/2}$ excepcionalmente alta con respecto a otros monómeros [2-p(24)].

La transferencia de cadenas radicales al monómero y a la cadena principal del polímero, es generalmente muy lenta:

$$R_{tm}(25^\circ\text{C}) = 2.2 \times 10^{-1} \text{ lt/mol-seg}$$

particularmente a temperaturas moderadas, menores de 60°C. Como consecuencia de ésto, la Poliacrilamida puede "crecer" a un tamaño molecular extremadamente grande, obteniéndose frecuentemente, pesos moleculares por encima de 10 millones [2-p(24), 3-p(19)].

La ACM copolimeriza rápidamente con un gran número de monómeros vinílicos polares, exhibiendo factores significativos de estabilización por Resonancia, y un doble enlace electropositivo, en virtud de un fuerte efecto inductivo en el grupo amida [2-p(24)].

En la figura A.1, se muestran los diferentes tipos de estructura de polímero, obtenibles controlando las condiciones de polimerización [4-p(328)].

A.2.2 Poliacrilamida

El polímero vinílico de ACM, es un sólido blanco de elevada temperatura de ablandamiento (200 °C), soluble en agua, y generalmente insoluble en solventes orgánicos, con cierta solubilidad en solventes orgánicos, con cierta solubilidad en solventes orgánicos polares, tales como el Glicerol, Etilenglicol, Acido Acético Glacil, Formamida, etc. La densidad de la poliacrilamida es 1.302 gr/cc, a 23°C [3-p(17,18)].

Los Homopolímeros de ACM muestran un efecto polielectrolítico, debido posiblemente a pequeñas cantidades de Acido Acrílico, presente frecuentemente en el monómero o a la hidrólisis que puede ocurrir durante la formación del polímero. Sin embargo, éstos muestran una tolerancia excepcionalmente alta a las sales. También

es común su compatibilidad con otros polímeros iónicos solubles en agua, en contraste a las reglas generales de incompatibilidad, aplicables a los polímeros órgano-solubles no iónicos [(2-p(25))].

La estructura molecular de la Poliacrilamida pura, se muestra en la figura A.2(a). La poliacrilamida Aniónica, mostrada en la figura A.2(b), tiene algunos de sus grupos amida a lo largo de la cadena principal, reemplazados por grupos carboxílicos. Estos forman sales sódicas policarboxiladas en estado sólido y, en soluciones acuosas neutras y de pH mayores, imparten una carga negativa a la molécula, de aquí su nominación. - La estructura molecular de la poliacrilamida Catiónica, se muestra en la figura A.2(c) [5-p(152,153)]. Los polímeros de ACM funcionan con buen desempeño, principalmente como Floculantes, y en Yacimientos Petrolíferos para el Control de la Producción y la Movilidad del Agua.

a. Como Floculante, los polímeros de peso molecular elevado, son remarcablemente versátiles, floculando un amplio rango de sólidos suspendidos: desde Carbón mineral hasta precipitados químicos y minerales. Son también efectivos cuando la suspensión es fuertemente ácida o básica, es una solución fuertemente salina, o también para la floculación de arcillas coloidales y arenas, y las partículas comprendidas entre ellas [6-p(64)].

Dentro de las propiedades que los hacen efectivos para la floculación, tenemos: la absorción rápida o irreversible de ciertas Poliacrilamidas, y la ele

vada afinidad por las superficies sólidas [6-p(61)]. Los floculantes de Poliacrilamida, aún en pequeñas cantidades, causan una aglomeración y sedimentación más rápida que los floculantes inorgánicos convencio nales, tales como el Sulfato Ferroso, Sulfato de A-
luminio, etc. [7-p(308)].

Las Poliacrilamidas no iónicas y las aniónicas, se presentan en forma pulvurulenta. Las catiónicas se presentan en estado líquido, debiendo disolverse o diluirse antes de su dosificación; sirviendo normalmente como medio de dilución del agua, pero circuns tancialmente, también las salmueras [9-p(1)].

En síntesis, los floculantes de Poliacrilamida proporcionan uncontrol positivo, economía y flexibilidad en las Operaciones Unitarias de Espesamiento, -
Clarificación y Filtración [8-p(8)].

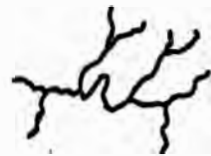
En el Cuadro A.1, se proporciona la composición quí mica de algunos floculantes comerciales tipo Polia-
crilamida [5-p(154)].

En el Cuadro A.2, se muestra la interrelación existente entre la Ionogeneidad, Peso Molecular relativo, y Densidad Aparente, con los principales campos de aplicación de los diferentes tipos de floculan -
tes de Poliacrilamida (9) .

- b. Para el "Control de la Producción de Agua" de los pozos productores de petróleo, y para el "Control de la Movilidad del agua" en los pozos de inyección, las Poliacrilamidas se hacen necesarias por su propiedad de mermar la permeabilidad al agua



Lineal: elevado peso molecular



Ramificado

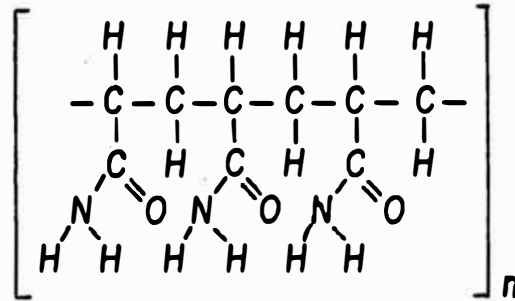


Enmarañado

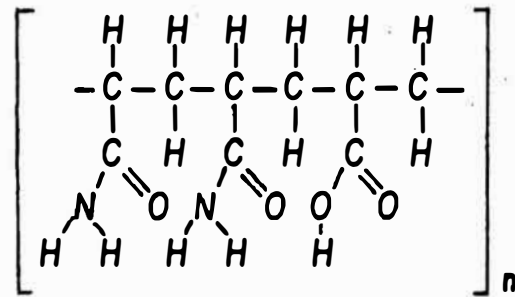


Bajo peso molecular

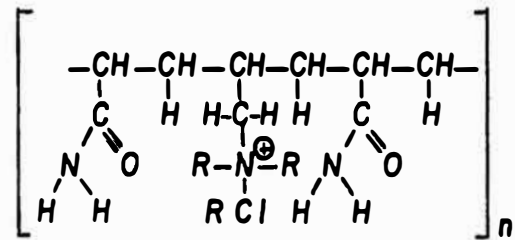
Fig. A.1.: Polimeros de ACM: tipos de estructura



(a) Neutra: (1000-100000) unidades ACM



(b) Aniónica



(c) Catiónica

Fig. A.2.: Polimeros de ACM: estructura molecular

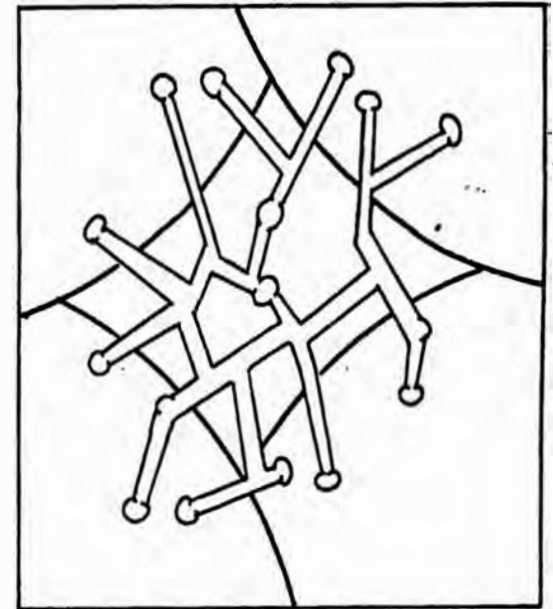


Fig. A.3.: Polimeros de ACM: mejoramiento del WOR (Water Oil Ratio)

de la formación, con solo un mínimo efecto sobre la permeabilidad al petróleo [10-p(906)].

La Poliacrilamida consiste de un "espinazo hidrocarbonado" similar al Hexano, que lo hace inmune al ataque de bacterias, pero que le da flexibilidad, lo que tiende a hacerlo algo frágil [11-p(1)].

El polímero usado y el tratamiento, dependerá de la formación, propiedades de la mezcla agua-petróleo, y de la altura de la zona que produce o acepta agua empleándose soluciones de polímero en concentraciones que van de un mínimo de 1000 ppm a 3000 ppm, para la mayoría de polímeros tipo Poliacrilamida [12-p(7)].

En la figura A.3, se muestra una representación esquemática de cómo llegan a consolidarse las Poliacrilamidas en una formación, tal que puedan cumplir sus funciones, que convergen hacia un fin común: la de mejorar la relación agua-petróleo (WOR: Water-Oil Ratio).

En el cuadro A.3, se proporcionan algunas características de las Poliacrilamidas afines a estos usos [13].

A-2.3 Modificación del Polímero [3-p(24-26)]

1. Una reacción de las comercialmente más importantes, es la hidrólisis por medio de sales alcalinas, la que produce las sales correspondientes al Ácido Poliacrílico.

La hidrólisis alcalina, transcurre en dos etapas:

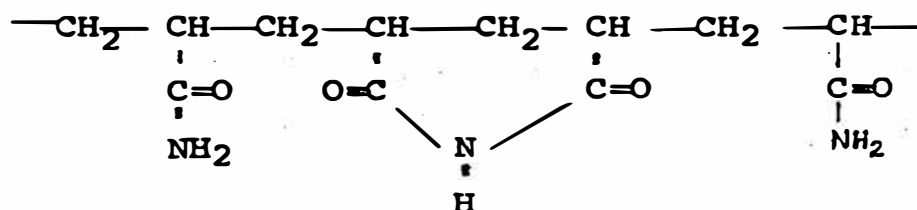
- Una reacción rápida, hasta una conversión del 50 % aproximadamente, y
- Una segunda etapa lenta, hasta completar.

Además, si la ACM es polimerizada en presencia de Carbonato de Sodio, puede producirse una Poliacrilamida Parcialmente Hidrolizada de gran uso comercial.

En la hidrólisis ácida de la Poliacrilamida, el grupo vecino causa una hidrólisis mucho más rápida que la que se espera.

2. Reacción de Imidización

Los ácidos cuyas constantes de disociación sean mayores que 1×10^{-3} , son útiles para convertir las Poliacrilamidas solubles en agua, en productos imidizados, con la siguiente estructura molecular:



La imidización progresiva merma la solubilidad acuosa del polímero.

Los polímeros imidizados al ser parcialmente neutralizados, se separan de la solución como geles o precipitados, dependiendo del contenido Imida y del peso molecular del polímero.

3. Reacción de Metilolación

En la reacción de metilolación de la Poliacrilamida, el tratamiento de sus soluciones acuosas

con Formaldehido, en presencia de catalizadores básicos, produce soluciones diluídas y viscosas de Metilolpoliacrilamida de amplio uso comercial.

Dependiendo del catalizador, puede obtenerse variados grados de Metilolación. Así, por ejemplo, con la Tri-etanolamina, a 70°C, se obtiene 72 % como grado máximo de Metilolación; con el Fosfato tri-sódico, a temperatura ambiente, se obtiene 91 %, etc.

4. Reacción Mannich

La reacción de Poliacrilamida con una Amina Secundaria y Formaldehido, produce una Poliacrilamida catiónica amino-metilada.

5. Reacción de Sulfometilación

En la reacción de Sulfometilación, pueden introducirse en la Poliacrilamida, grupos Sulfometilados sódicos por condensación del Metilolpoliacrilamida con el Bisulfito de Sodio.

6. Reacción Hoffmann

La halogenación de Poliacrilamida bajo condiciones alcalinas, conduce a una Transposición Hoffmann formándose una Amina Polivinílica catiónica.

7. Reacción de Etoxilación

La Poliacrilamida es rápidamente Etoxilada con Óxido de Etileno, dando polímeros de propiedades físicas diferentes, dependiendo del grado de Etoxilación.

8. Reacción de Insolubilización

La Poliacrilamidas pueden ser insolubilizadas al ser condensadas con Glioxal, dando un polímero

"enmarañado", termoestable especies que han logrado aceptación como artículos comerciales.

9. Degradación Térmica

La Poliacrilamida puede ser modificada al ser degradada térmicamente. Así, en el rango de 175° - 300°C, la Poliacrilamida libera Amoníaco, formándose un polímero imidizado. A temperaturas mayores, no sólo libera Amoníaco, sino también Hidrógeno y Monóxido de Carbono, debido aparentemente, a una degradación más ex tensa.

La inhibición de la degradación térmica de la Poliacrilamida seca, puede lograrse con Nitrito de Sodio; y, de las soluciones acuosa, por la adición de Sulfito de Sodio.

CUADRO A.1

Composición Química de algunos Floculantes Comerciales
tipo Poli-ACM

Producto	Proveedor	Poliacrilamida		Agua %Peso	Aceite %Peso	Na ₂ S04 %Peso
		%C000	%Peso			
Percol - 351	A.Colloids	2	91	8	-	2
Alfloc-85030 (liq)	Alchem	38	31	42	27	-
Superflock-1128 (liq)	Cyanamid	1	32	52	16	-
Superflock-1202 (liq)	Cyanamid	5	27	48	25	-
Superflock-214	Cyanamid	40	70	6	-	25
Separan - MGL	Dow	2	89	8	-	3
Separan-NP10	Dow	3	86	8	-	5

Fuente: [5-p(154)]

CUADRO A. 2

Características de los Floculantes Tipo Poliacrilamida

Ionogeneidad (a)	Peso Molecular Relativo (b)	Densidad Aparente (c)	Principales Campos de Aplicación			
			Dilución Mínima	pH	Clase de Mat. Sólida (d)	Procedimiento (e)
oooooooo	5	175-225	1 : 1200	0-3	A	SE, ME
oooooooo	3	175-225	1 : 1000	1-4	A	K, SE, ME
-oooooooo	5	175-225	1 : 1200	2-6	A	SE, ME
-oooooooo	3	175-225	1 : 1000	3-7	A	K, SE, ME
--oooooooo	5	175-225	1 : 1500	5-9	A, 0a	SE, ME
---ooooo	5	175-225	1 : 1500	6-10	A, 0a	SE, ME
----oooo	3-4	220-270	1 : 1200	6-10	A, 0a	SE, ME
-----oo	3	270-330	1 : 1000	6-10	A, 0a	SE, ME
-----oo	1-2	300-400	1 : 750	7-11	A	ME

CUADRO A. 2
(Continuación)

Ionogeneidad (a)	Peso Molecular Relativo (b)	Densidad Aparente (c)	Principales Campos de Aplicación			
			Dilución Mínima	pH	Clase de Mat. Sólida (d)	Procedimiento (e)
--oooooo	5-6	215-265	1 : 1500	6-10	A	SE, ME
-ooooooo	5-6	195-245	1 : 1500	5-10	A	ME
oooooo	6	300-240	1 : 1200	5-10	A	ME
+++++++	0.3	liq	1 : 100	6-8	A,0,P	K,SE,ME
+++++++	0.6	liq	1 : 250	6-8	A,0,P	K,SE,ME
+++++++	2	550-650	1 : 500	6-8	A,0,P	ME
o+++++++	2-3	520-620	1 : 750	6-8	0	ME

Fuente: [9]

CUADRO A.2

(Continuación)

Características de los Floculantes Tipo
Poliacrilamida

Descripción

(a) Ionogeneidad

oooooooo	no iónico
	aniónico
+++++++	catiónico

El número de (o), (-), ó (+) indican la relación de los grupos iónicos a los grupos no iónicos y, de esta forma, el grado de ionogeneidad.

(b) Peso Molecular Relativo

0.5 < 100000	4 < 5000000
1 < 500000	5 < 10000000
2 < 1000000	6 < 12000000
3 < 3000000	

(c) Densidad Aparente

Este dato se debe tener en cuenta para la dosificación volumétrica. Así, por ejemplo, 1000 cc del primer tipo de Poliactrilamida, tiene un peso de aproximadamente 205 gr.

(d) Clase de Materias Sólidas y Campos de Aplicación

A: Principalmente materias sólidas inorgánicas
Oa: Materias sólidas orgánicas que fueron tratadas anteriormente con productos químicos orgánicos.
O: Principalmente materias sólidas orgánicas

P: Generalmente como floculante primario en combinación con floculantes anioactivos; y para materias sólidas suspendidas, tanto inorgánicas como orgánicas

(e) Procedimiento

K: Clarificación

SE: Gran aceleración de la velocidad de sedimentación

ME: Deshidratación con máquinas (filtración)

CUADRO A.3

Características de los Polímeros de ACM afines a las
Explotaciones Petroleras

Peso Molecular	Tipo	% Hidrólisis	Utilización
2 - 3 x 10 ⁶	no iónico	4	C.P.A.
3 - 4 x 10 ⁶	no iónico	4	C.P.A.
4 - 5 x 10 ⁶	aniónico	21 - 26	C.P.A.
6 - 7 x 10 ⁶	aniónico	21 - 26	C.P.A.
8 - 9 x 10 ⁶	aniónico	25 - 30	C.M.A.
4 - 5 x 10 ⁶	aniónico	25 - 30	C.M.A.
8 - 9 x 10 ⁶	aniónico	25 - 30	C.M.A.

C.P.A.: Control de Producción de Agua

C.M.A.: Control de Movilidad del Agua

Fuente: [13]

B. ESTUDIO DE MERCADO

B-1 Usos y Aplicaciones del Producto

1. Adhesivos

La ACM se emplea en la obtención de Cementos Adhesivos, usados para adherir superficies metálicas a otros materiales, como el vidrio, baquelita, nylon o similares. Típicamente, en las formulaciones se usa una solución ACM-40 %, con un contenido de 0.1% de Silico-Fluoruro de Magnesio y otros componentes afines a una aplicación específica [3-p(35)].

Las formulaciones en base a Poliacrilamida, o poliacrilamidas Modificadas, poseen un elevado agarre inicial, excelente esparcimiento y la propiedad de formar fuertes uniones [3-p(35)].

La copolimerización de ACM con Formato de Vinilo, Divinil-cetona, Acrilato de Alilo u otros [16], da como resultado resinas que se emplean como agentes de unión

de materiales especiales para la industria aeronáutica, en instrumentos electrónicos delicados, etc. [17]. Los copolímeros de ACM con Formaldehído, pueden usarse como agentes de adhesión para la manufactura de frenos discos de embrague y discos adhesivos [18].

Los adhesivos obtenidos por la combinación de ACM con los compuestos mencionados, dan como resultado productos viscosos, con una viscosidad comprendida entre 40 - 60 Poises, y un pH entre 6 - 7 [19].

2. Minerfa

Los homopolímeros de elevado peso molecular, y los copolímeros catiónicos y aniónicos de ACM, son utilizados en las operaciones mineras de Espesamiento de concentrados minerales, y en la colección de residuos o lodos para la prevención de la polución [2-p(25)]; habiendo sido introducidos en la industria minera en 1954 bajo la designación de Separan 2610 [20-p(26)].

En el Perú, la industria minera utilizada este tipo de floculantes, cuyo consumo está directamente relacionado con la cantidad y tipo de mineral extraído

La Tabla B.1, muestra la cantidad de floculante u tilizado por tonelada extraída de algunos minerales [5-p(152)]

CUADRO B. 1

Dosaje de Poliacrilamida según el tipo de
Mineral extraído

Tipo de Operación	lb Poliacrilamida/ Ton.Mineral extraído
Potasa	0.013
Carbón	0.006
Cobre (+ Mo)	0.005
Plomo - Zinc	0.005
Níquel	0.004
Hierro	0.007
Uranio	0.230

Fuente: [5-p(152)]

3. Tratamiento de Agua Potable, Aguas Residuales
y Lodos [3-p(37)]

La Poliacrilamida parcialmente hidrolizada, es un floculante altamente efectivo para el asentamiento de sólidos en suspensión acuosa, mejorando las velocidades de filtración. Los "Flocos" se forman de una manera fortuita, asentándose rápidamente y dejando un líquido claro sobrenadante. Dichos floculantes pueden usarse solos, o en conjunto con polielectrolitos catiónicos, o los floculantes tradicionales de Hierro, Aluminio, etc.

Los coloides y suspensiones con menos del 1 % en sólidos, hasta porcentajes mayores del 50 %, se tratan convenientemente adicionando (en incrementos por eta

pas), una solución al 0.1 % hasta el 1 % de polímero. La dosis usual es de 0.1 ppm a 10 ppm, equivalente a 0.01 - 0.5 lb/tonelada de sólido seco en suspensión, do saje óptimo de floculante por encima del cual, la floculación no se beneficia, pero sí se desmejora.

En el Perú no está difundido el uso de las Poliacrilamidas para el tratamiento de aguas residuales y lodos; estando en período de prueba su uso como coadyuvante de floculación para el tratamiento de aguas en la Atarjea. Los coadyuvantes a base de Poliacrilamida se hacen necesarios en épocas de verano, en que el caudal del Río Rímac dificulta el asentamiento de los flocs de tamaño normal, lo cual hace que aumente la turbidez del agua. Por lo tanto, el aumento de caudal del Río Rímac obliga a aumentar el tamaño de los flocs mediante el uso de dichos coadyuvantes. El polímero - de ACM en actual período de prueba, es el Zuclar 220.

4. Elaboración de Papel

Los polímeros de ACM, introducidos como acti - vos de carga para la elaboración del papel, a mediados de los años cincuenta, son ampliamente usados como dispersantes, agentes de reforzamiento y como floculantes. Los polímeros usados en estas tres aplicaciones, difie - ren en peso molecular y grado de sustitución (conteni - do carboxílico o porcentaje de hidrólisis) [4-p(326)].

A través de numerosas investigaciones, ha sido po - sible correlacionar la estructura de dichos polímeros con una aplicación particular en el proceso de elabora - ción de papel. Ver figura B.1 [21-p(157 A)].

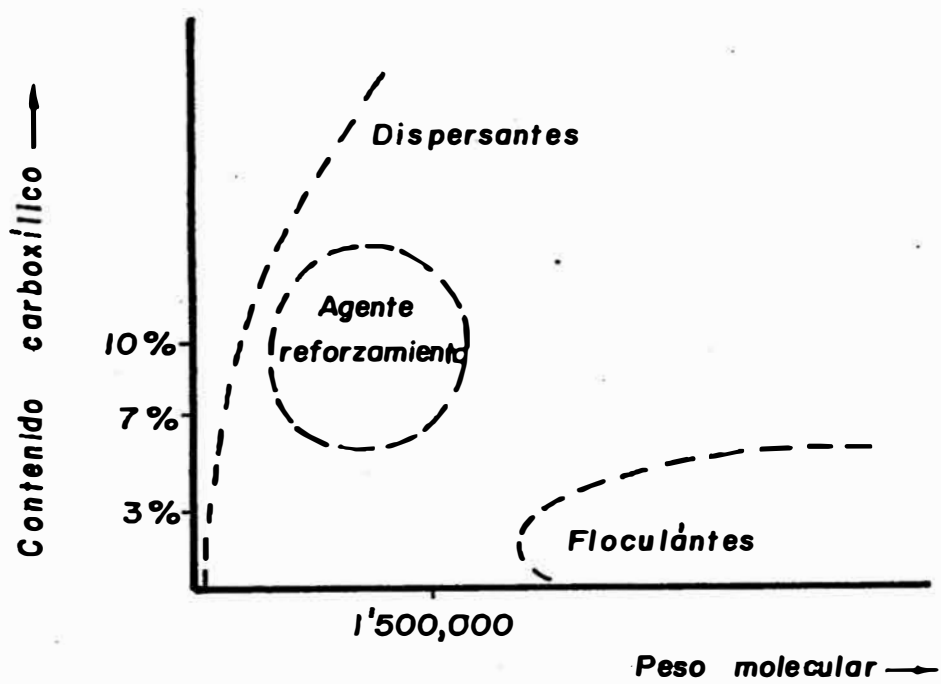


Fig. B.1. : Polímeros de ACM : aplicaciones en la elaboración de papel

Como aditivo de reforzamiento adicionado a la carga, en presencia de Alumbre, se ha encontrado que incrementa notoriamente la consistencia y resistencia a las arrugas y a la rotura del papel, exhibiendo algunas ventajas [4-p(326,327)]:

- Se requiere un menor porcentaje de Poliacrilamida que el que se requeriría de productos naturales (almidones y gomas) para hacer el mismo trabajo.
- El polímero de ACM alcanza niveles de desempeño que los otros productos no pueden lograr.

Como agente de retención, se usa para incrementar la cantidad de relleno o finos en la hoja del 50 - 60% al 80 - 90 % [22-p(918)], incrementándose por lo tanto el % de opacidad. En esta aplicación, la ACM actúa como un floculante y además, incrementa la velocidad de drenaje, aumentando la velocidad de producción de las máquinas [4-p(327)].

En el Perú, los fabricantes de papel emplean soluciones de Poliacrilamida, adicionados a la carga para la elaboración de los diversos tipos de papel de impresión, escritura y empaque.

En el cuadro B.2, se muestra el modo de empleo de dichos aditivos en el Complejo Industrial Paramonga.

CUADRO B.2

Dosificación de los Aditivos de Poliacrilamida según el tipo de Papel

Tipo de Papel	% PAM / carga	
	seca	solución
Periódico	0.10	0.4
Escritura e Impresión s/recubrir	0.05	0.2
Impresión recubiertos	0.05	0.2
Empaques plegadizos	0.10	0.4

5. Perforación y Explotación de Pozos Petroleros

Los polímeros de ACM se usan en la perforación y explotación de pozos petroleros:

- como reductores de fricción, en el rompimiento hidráulico [2-p(26)]
- Para reducir las emanaciones de agua durante la recuperación primaria de petróleo ("Control de agua") [13]
- Para reducir la movilidad del agua durante la recuperación secundaria y terciaria de petróleo ("Control de movilidad") [13]

En el "control de agua" y el "control de movilidad" las poliacrilamidas tienen la propiedad de mermar la permeabilidad de la formación terrena al agua, con solo un mínimo efecto sobre la permeabilidad al petróleo [10-p(906).]

Los requerimientos típicos de estos polímeros, oscilan en un rango de 20 - 500 lb PAM/acre-pie. Sin embargo, el volumen de tratamiento será determinado por un análisis de las condiciones del pozo y las características de la formación terrena [23-p(57)].

La falta de uso de dichos polímeros en la perforación y explotación petrolera, trae como consecuencia, lo siguiente [24-p(1,2)] :

- Incremento de los costos de extracción
- Merma de la producción de petróleo, debido al incremento del nivel de fluido, acumulación de sedimentos en el fondo del pozo y emulsiones.
- Acortamiento de la vida útil del equipo de extracción, debido a la corrosión y a la acumulación de sedimentos
- Incremento de la producción de arena. También, incremento de los costos de distribución del agua producida.

En el Perú, las instalaciones petroleras en el departamento de Loreto, ven la necesidad de usar estos polímeros. Actualmente, están en período de prueba para encontrar la mejor formulación que se adecúe a las características de los pozos.

Las futuras perforaciones que han de efectuarse en el departamento de Madre de Dios, verán igualmente la necesidad de utilizar dichos polímeros, dada la excesiva existencia de agua en dicha zona.

Además, el uso de los polímeros de ACM en los sis temas de recuperación secundaria de petróleo, ratifica aún más, el mercado potencial que, en un futuro próximo tendrá la ACM en el Perú.

6. Fibras Sintéticas

Se usa ampliamente los copolímeros de ACM para la elaboración de las fibras de Poliacrilonitrilo (Fibras Acrílicas), donde su polaridad mejora las propiedades de la fibra, particularmente en lo que se refiere a la receptividad del tinte [3-p(42)].

Los copolímeros precipitados son claros, maleables y dúctiles, siendo alargados en filamentos que tienden a mantener una cantidad de humedad que mejoran la tersura de las manufacturas derivadas. Las fibras producidas por la polimerización del Acrilonitrilo en presencia de aproximadamente, 4 % molar (5.3 % peso) de ACM, muestran una excelente afinidad, color y matices [25, 26].

Similarmente, se usa Acrilamida y N, N'-metilen bis-acrilamida, para mejorar las propiedades de las fi bras de Alcohol Polivinílico [3-p(42)].

En el Perú, la ACM se usa principalmente en el mejoramiento de las propiedades de las Fibras Acrílicas. Siendo la Bayer Industrial S.A, el único consumidor.

7. Textiles [3-p(42,44)]

La ACM es un componente menor, pero importante, de las resinas poliacrílicas, las que son usa

8. Relleno Químico en el tratamiento de Suelos

La Poliacrilamida, la Poliacrilamida parcialmente hidrolizada, la poli-N metilolacrilamida, y la mezcla ACM N,N' metilenbisacrilamida (denominado Estabilizador AM-955 por la A. Cyanamid Co), se usan

como relleno químico en las obras civiles de estabilización de suelos; obteniéndose un suelo impenetrable, cohesivo y resistente a la erosión mecánica y de flujo lo cual conlleva a la prevención de las filtraciones [3-p(41), 27-p(2249)].

De los productos antes mencionados, el estabilizador AM-955 es el más usado debido a que es una solución de monómero, de fácil manipuleo y buena estabilidad, polimerizando "in situ" y deteniendo las filtraciones en menos de 24 horas [27-p(2250, 2251)].

Algunos de los problemas de ingeniería concernientes al suelo, que pueden ser eliminados al modificar sus propiedades mediante la aplicación superficial o profunda de estos productos, son [27]:

- Filtraciones en las estructuras subterráneas (túneles, sala de calderas, pozos, etc).

Filtraciones en canales y reservorios de irrigación

Afirmación de los estratos petrolíferos.

En los canales de irrigación para la agricultura, se estima que debido a las filtraciones, se pierde 1/3 del total de agua transportada. Dichas pérdidas se mermarían considerablemente por el revestimiento de los canales con los estabilizadores de suelos a base de ACM [28-p(2245)].

En los pozos petroleros se encuentra con frecuencia, problemas, tales como la pérdida de los lodos de perforación a través de estratos permeables y la presencia de agua salada. El uso de los rellenos quími

cos a base de ACM, previenen efectivamente ambos problemas [27-p(2253)] .

El costo de tales tratamientos es, mucho más razonable y con las técnicas de inyección apropiadas, constituyen una herramienta valiosa para la industria constructora.

9. Artes Gráficas [3-p(38-40)]

La Poliacrilamida, la Poliacrilamida modificada, y los copolímeros de ACM, son ampliamente usados como sustitutos de la Gelatina en la elaboración de emulsiones fotográficas, sirviendo como coloides protectores bajo la forma de geles térmicamente reversibles en medio acuoso.

La adición de ACM o Poliacrilamida a las emulsiones de las películas a color, reducen sus viscosidades y facilitan su extensión sobre ellas.

El problema del ensortijamiento de los papeles fotográficos durante el revelado, puede prevenirse tratándolos con una suspensión de Barita que contenga una mezcla de Gelatina y Poliacrilamida.

Los copolímeros de N-metilolacrilamida y monómeros olefínicos, los que llevan incorporados Sílice coloidal, se emplean en la obtención de estereotipos planográficos y resisto.

10. Recubrimientos Superficiales [3-p(42)]

Las resinas acrílicas termoestables, son ampliamente usadas en la elaboración de recubrimientos superficiales para el mercado de utensilios domésticos

industria automotriz, etc.

En general, estas resinas expuestas al medio no se amarillentan, manteniendo un lustre superior y un color estable; siendo generalmente inertes a las sales, gasolina, aceites, anticongelantes, quitamanchas y barnices.

La ACM, y particularmente la N metilolacrilamida, son de amplio uso para este propósito en acrílicos termoestables.

11. Jabones, Detergentes y Cosméticos

[3-p(41)]

La Poliacrilamida se emplea en pequeña proporción, en la formulación de detergentes de menor densidad de masa.

Se emplea también Poliacrilamida, en la composición de jabones, incrementando la sensación untuosa del producto, y dándole a la piel una sensación lúbrica. Similarmente, se emplea poliacrilamida en la elaboración de lociones, para impartir lubricidad a la piel antes de afeitarse.

Aproximadamente la Poliacrilamida interviene en un 1.5 % en peso en la elaboración de cremas de afeitar y fijadores de cabello.

Los homopolímeros y copolímeros de ACM con N butilacrilamida y otros, son de amplio uso para la elaboración de fijadores de dentadura, insípidos y sin protuberancias.

En el Perú se emplean los polímeros de ACM en la elaboración de jabones y otros cosméticos.

12. Plásticos [3-p(45)]

Los copolímeros de ACM y Butadieno, preparados a partir de mezclas conteniendo por encima del 50 % en peso de la amida, resultan en materiales termoplásticos resistentes y resinosos, los que pueden ser usados como sustitutos del cuero.

Asimismo, los copolímeros de ACM con Cloruro - de Vinilo, Estireno, Dialilcianamida, etc., son compuestos que se utilizan en algunas de las numerosas formulaciones de plásticos de ACM; siendo, por lo general moldeables en forma estable por métodos mecánicos. Los productos que se obtienen, poseen una serie de aplicaciones industriales.

13. Plasfificantes [3-p(45)]

Como un promotor de la fluidez, la ACM se emplea en la elaboración de resinas termoestables requeridas para la fabricación de artículos termoplásticos moldeables, blancos y homogéneos, resistentes y flexibles.

14. Floculante, para la Industria Azucarera [8]

Los copolímeros de ACM de peso molecular extremadamente altos, conteniendo grupos específicos - de fuerte adhesión a los flocks, se usan como coadyuvantes en la clarificación del "jugo", proporcionando con dosis mínima (1 - 5 ppm) gran aumento de la velocidad de asentamiento de los lodos. Los flocs originales crecen rápidamente en tamaño, compactándose por e-

fecto del floculante y precipitando rápidamente, resultando un lodo compacto con un jugo sobrenadante refulgente.

En el Perú las CAP's azucareras usan este tipo de floculante bajo diferentes denominaciones comerciales.

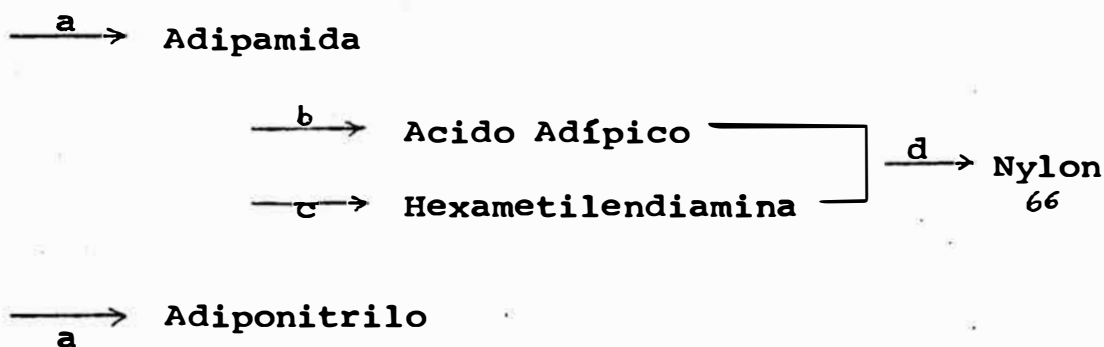
15. Obtención de Acido Adípico como Producto Final e Intermedio Químico

El ácido adípico como tal, es de uso significativo en nuestro medio. Como Intermedio Químico se lo emplea especialmente en la obtención de Nylon 66 que en forma de Bandas, tiene gran demanda en la construcción de llantas de todo tipo.

El Nylon 66 (Polihexametilen Adipamida), es una poliamida producto de la policondensación del ácido adípico con la hexametilendiamina.

Reduciendo la dependencia con los aromáticos, el Nylon 66 se obtiene por un proceso alternativo, el que comprende esencialmente la técnica de la Electrohidrodimerización de ACM y ACN, según se muestra a continuación:

Acrilamida

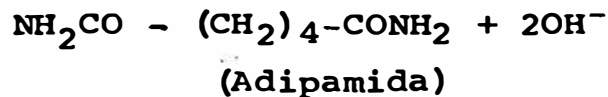
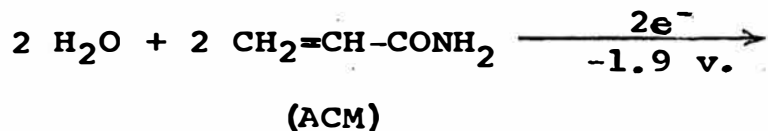


Acrilonitrilo

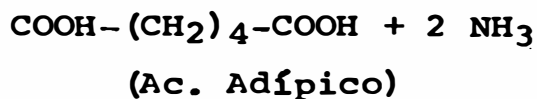
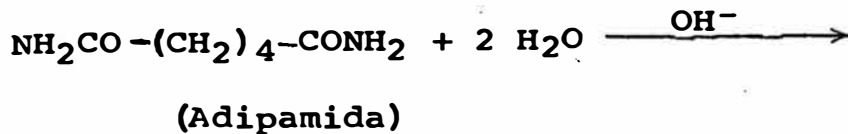
- a: Electrohidrodimerización
- b: Hidrólisis
- c: Hidrogenación catalítica
- d: Policondensación

Las reacciones involucradas, son las siguientes:

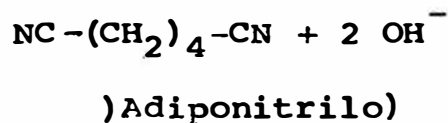
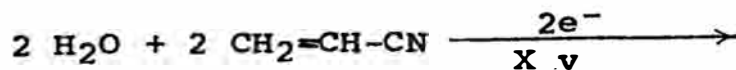
1. Electrohidrodimerización de ACM [3-p(15)]



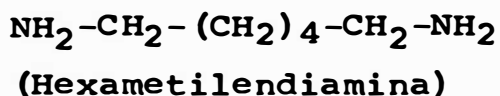
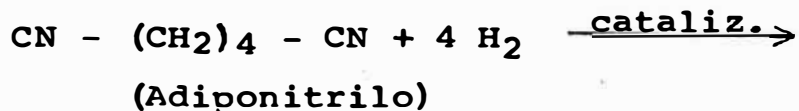
2. Hidrólisis de la Adipamida obtenida



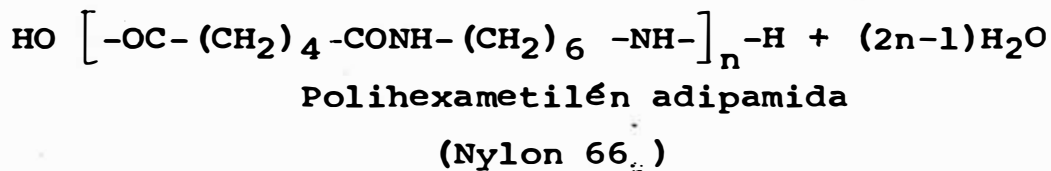
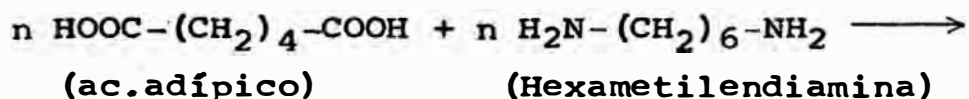
3. Electrohidrodimerización de ACN [29-p(44)]



4. Hidrogenación Catalítica del Adiponitrilo
obtenido [30]



5. Policondensación del Acido Adípico y la
Hexametilen diamina obtenidos [31]

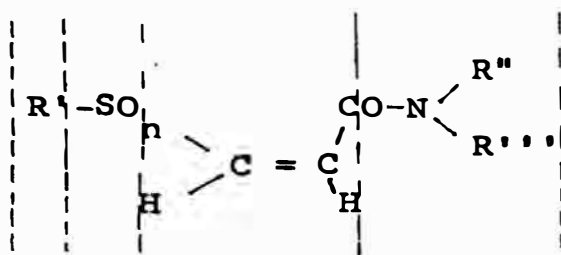


16. Misceláneos [3-p(45-47)]

Existen otros muchos usos de la ACM y derivados, entre los que cabe mencionar:

1. Los productos de la reacción de ACM con Nitroformo, son de potencial interés en la formulación de explosivos
2. Algunos derivados de ACM tienen la propiedad de inhibir el crecimiento de ciertos tipos de neoplasmas
3. Se usa Poliacrilamida modificada para prevenir la formación de incrustaciones en los calderos

4. La adición de Poliacrilamida parcialmente hidrolizada al Cemento, retarda su endurecimiento, y reduce considerablemente la prematura deshidratación de la fragua, con lo cual se evita una mala apariencia y la pérdida de la resistencia estructural
5. La adición de Poliacrilamida a los lubricantes acuosos de extrema presión, en las operaciones de formación de metales, previenen el asentamiento de grandes cantidades de CaCO_3 . También, se emplea Poliacrilamida como inhibidor para el decapado del hierro y el acero.
6. Se puede estabilizar la madera frente a los cambios dimensionales por hinchamiento o dilatación, impregnándola con ACM, e irradiándola para inducir la polimerización.
7. La Furilfuramida:
2-(2-furil)-3-(5-nitro-2-furil) ACM
se usa como preservativo para el almacenamiento de embutidos de pescado, interviniendo por sí solo en 20 ppm, o en 5 ppm cuando se lo emplea conjuntamente con 15 ppm de Tylosin [32.]
8. Algunos de los derivados amida de los ácidos β -alquilsulfenil-, β -alquilsulfinil-, β -alquisulfonil acrílicos, muestran alto grado de actividad herbicida contra el "Crabgrass Digitaria Adscendens" y el "Pigweed Amaranthus Ascendens". Las unidades estructurales de la ACM, se muestran a continuación:



R': Alquil

R'', R''' H, Alquil, Alil

n=0: Sulfenil acrilamida

n=1: Sulfinil acrilamida

n=2: Sulfonil acrilamida

En resumen, el elevado grado de actividad herbicida del N-n-propil-cis β -butil acrilamida, sugiere su uso potencial como herbicida [33.]

C. INGENIERIA DEL PROYECTO

C-1 Propiedades críticas y Físicas de las Especies

a. Propiedades Críticas

Según las contribuciones atómicas y de grupo se emplean las fórmulas de L. Riedel - A. Lydersen para la determinación de las Temperaturas, Presiones y Volúmenes críticos.

Las Temperaturas Críticas se calculan a partir de la ecuación siguiente, la que viene expresada en función del punto de ebullición normal ($T^{\circ}b$) y de las contribuciones de grupo [37,38]:

$$T^{\circ}b/TC = 0.567 + \sum \Delta T - (\sum \Delta T)^2 \dots\dots (1)$$

Las presiones Críticas se calculan a partir de la ecuación siguiente [39]:

$$\sqrt{\frac{M}{Pc}} = 0.34 + \sum \Delta P \dots\dots\dots (2)$$

Los volúmenes críticos de los compuestos orgánicos, se calculan de la ecuación de Lydersen:

$$V_c = 40 (+ \sum \Delta V \dots\dots\dots) \quad (3)$$

A continuación, en el Cuadro C.1, se especifican los grupos, y las contribuciones de grupos, que intervienen en la constitución molecular de los reactantes y productos involucrados .

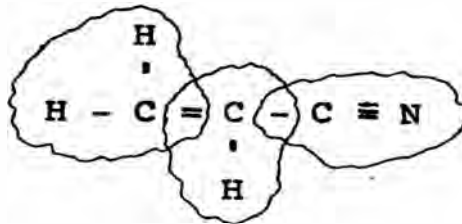
CUADRO C. 1
Contribuciones de grupo para la determinación
de las Propiedades Críticas

Grupo Molecular	Contribuciones de Grupo		
	ΔT	ΔP	ΔV
CH ₃ -	0.020	0.227	55
$\begin{array}{c} \\ -\text{C}-\text{H} \\ \end{array}$	0.012	0.210	51
-OH	0.082	0.060	18
-C \equiv N	0.060	0.360	80
=CH ₂	0.018	0.198	45
$\begin{array}{c} =\text{CH} \\ \end{array}$	0.018	0.198	45
$\diagup \text{C}=\text{O}$	0.048	0.330	73
-NH ₂	0.031	0.095	28

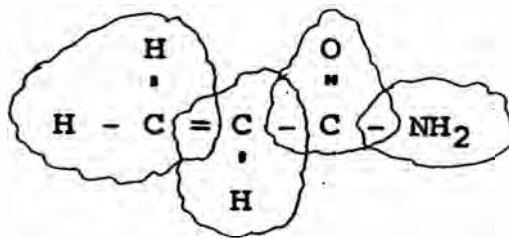
Fuente: [40-p(101)]

Los grupos atómicos que conforman las estructuras moleculares de cada uno de los compuestos involucrados, se muestran a continuación:

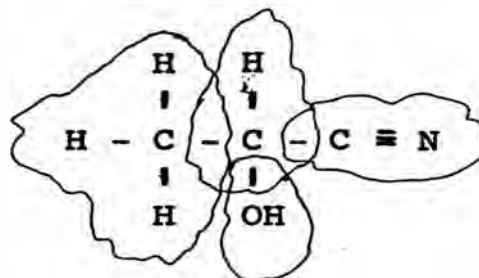
Acrilonitrilo



Acrilamida



β -Hidroxipropionitrilo



La temperatura crítica corresponde al β -hidroxipropionitrilo (ECH), se estima según la ecuación de P.A., Guye [41] :

$$P_c = T_c / K'' \dots\dots\dots (4)$$

Para el (ECH), el coeficiente de Guye (K'') correspondiente, es:

3 C:	3 x 1.35
5 H :	5 x 0.57
1 O ⁻ :	1 x 0.87
1 N :	1 x 1.86
1 enlace ≡:	1 x 1.03
	<hr/>
	K'' = 10.66

En el cuadro C.2 se muestran los datos necesarios para la evaluación de las propiedades críticas de los compuestos involucrados. En el cuadro C.3, se muestran las propiedades críticas estimadas.

b. Presiones de Vapor

Las presiones de vapor correspondientes al ACN, ACM y ECH, se obtienen a partir de la siguiente ecuación [40-p(104)] :

$$\log(\text{Pr}) = - \frac{A(1 - \text{Tr})}{\text{Tr}} - e^{-20(\text{Tr} - b)^2} \dots\dots\dots (5)$$

La constante "b" de cada uno de ellos, se determina de acuerdo al número de átomos de Carbono y a la serie homóloga a la que corresponde [40-p(105)]. Así,

- para la ACM, b = 0.253
- para el ACN, b = 0.163
- para el ECH, b = 0.375

Conociendo la temperatura de ebullición normal y las constantes críticas de cada uno de ellos, se calculan las constantes "A" correspondientes mediante la Ec. 5 (Ver Cuadro c.4).

CUADRO C.2
Datos para la evaluación de las Propiedades
 Críticas

Especie	M	t_b^o (oC)	Contribución de grupo		
			T	P	V
ACN	53	77.3 42	0.0960	0.7560	170
ACM	71	225.8 (fig.6.4)	0.1150	0.8210	191
ECH	71	103.0 (Ec. 1)	0.1740	0.8570	204

CUADRO C.3
Propiedades Críticas Estimadas

Compuesto	V_c (cc/mol-gr)	T_c (oK)	P_c (Atm)	Z_c
ACN	210	536	44.1	0.2100
ACM	231	746	52.7	0.1987
ECH	244	529(Ec.4)	49.6	0.2790

CUADRO C. 4

Evaluación de la constante "A" de la Ecuación (5)

Especie	Temperaturas			Presiones			A
	T _B ⁰ (°K)	T _c (°K)	Tr	P ₀	P _c (Atm)	Pr	
ACN	350.3	536	0.6535	1	44.1	0.02267	3.09
ECH	376.0	529	0.7108	1	49.6	0.02016	3.92
ACM	225.8	746	0.3026	1	52.7	0.01900	3.65

Las ecuaciones resultantes con las que puede confeccionarse el gráfico 6.4, son:

para el ACN,

$$\log (Pr) = \frac{-3.09(1-Tr)}{Tr} - e^{-20 (Tr-0.163)^2} \dots (5a)$$

para el ECH,

$$\log (Pr) = \frac{-3.92(1-Tr)}{Tr} - e^{-20 (Tr-0.373)^2} \dots (5b)$$

c. Calores Específicos

para líquidos orgánicos, para temperaturas comprendidas entre 0°F y una temperatura reducida de 0.85, puede usarse la ecuación de Fallon-Watson [40-p(277)] en la estimación de los calores específicos:

$$\bar{c}_p = k \left[(0.355 + 0.128 \times 10^{-2} \text{ °API}) + (0.503 + 0.117 \times 10^{-2} \text{ °API}) 10^{-3} \times t \right] (6)$$

Los factores característicos (k), oscilan en torno a la unidad. Se considera, $K = 1$.

para el ACN,

$$d (15^\circ/4^\circ) = 0.81 \text{ gr/cc}$$

para la ACM,

$$d (15^\circ/4^\circ) = 1.135 \text{ gr/cc}$$

Por consiguiente, las ecuaciones correspondientes a cada uno de los compuestos antes mencionados, son:

para el ACN,

$$\bar{c}_p = 0.4103 + 0.5535 \times 10^{-3} \times t \dots\dots\dots (6a)$$

para la ACM,

$$\bar{c}_p = 0.3640 + 0.4950 \times 10^{-3} \times t \dots\dots\dots (6b)$$

d. Grupo Adimensional $\bar{c}_p \cdot \bar{\mu} / \bar{k}$ (Número de Prandtl)

Para líquidos, sino se dispone de valores $(\bar{c}_p \cdot \bar{\mu} / \bar{k})$, se los calcula por medio de la ecuación adimensional de Denbeigh [43-p(721)]:

$$\log \left(\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{\bar{k}} \right) = \frac{B \cdot \lambda v}{R \times T} - C \dots\dots\dots (7)$$

para líquidos orgánicos, $B = 0.2$ y $C = 1.8$

para el ACN, $\lambda v = 7.8 \text{ Kcal/mol-gr}$

La entalpía molar normal de vaporización (λv) de la ACM, se estima mediante la ecuación siguiente

[40-p(287)]:

$$\lambda_v = 2.303 \times R \times T_c \left[A + 40 Tr^2 (Tr - b) \times e^{-20 (Tr - b)^2} \right] \dots \dots \dots (8)$$

Así, para la ACM,

$$\lambda_v = 13.3 \text{ Kcal/mol-gr}$$

Por lo tanto, de la ecuación (7), resulta:

para el ACN,

$$\frac{\bar{c}_p \bar{\mu}}{\bar{k}} = 0.016 \times e^{1808/T} \dots \dots \dots (7a)$$

para la ACM,

$$\frac{\bar{c}_p \bar{\mu}}{\bar{k}} = 0.016 \times e^{3082.5/T} \dots \dots \dots (7b)$$

C-2 Balance de Materia

- Producción: 437.5 Kg ACM/Hr
- Relación molar de alimentación: 1
- Relación en peso de alimentación:

$$53/18 = 2.944 \text{ Kg ACN/Kg H}_2\text{O}$$

- Alimentación de ACN:

$$\frac{2.944}{1 + 2.944} \times 437.5 = 326.57 \frac{\text{Kg ACN}}{\text{Hr}} = 6.162 \frac{\text{Kmol ACN}}{\text{Hr}}$$

Alimentación de H₂O:

$$(437.5 - 326.57) = 110.93 \frac{\text{Kg Agua}}{\text{Hr}} = 6.162 \frac{\text{Kmol Agua}}{\text{Hr}}$$

- Acrilamida pura obtenida:

$$437.5 \times 0.995 = 435.3 \text{ Kg/Hr} = 6.131 \text{ Kmol/Hr}$$

- Conversión:

$$0.985 \text{ mol ACM pura/mol ACN reaccionado}$$

- Moles de ACN que han reaccionado:

$$6.131/0.985 = 6.224 \text{ Kmol/Hr}$$

- Moles de ACN para reacciones secundarias:

$$6.224 - 6.131 = 0.093 \text{ Kmol/Hr}$$

- ACN para reacciones secundarias:

$$0.093 \times 53 = 4.93 \text{ Kg/Hr}$$

- Agua para reacciones secundarias:

$$0.093 \text{ Kmol/Hr} = 1.67 \text{ Kg/Hr}$$

- Producto secundario:

$$4.93 + 1.67 = 6.6 \text{ Kg ECH/Hr}$$

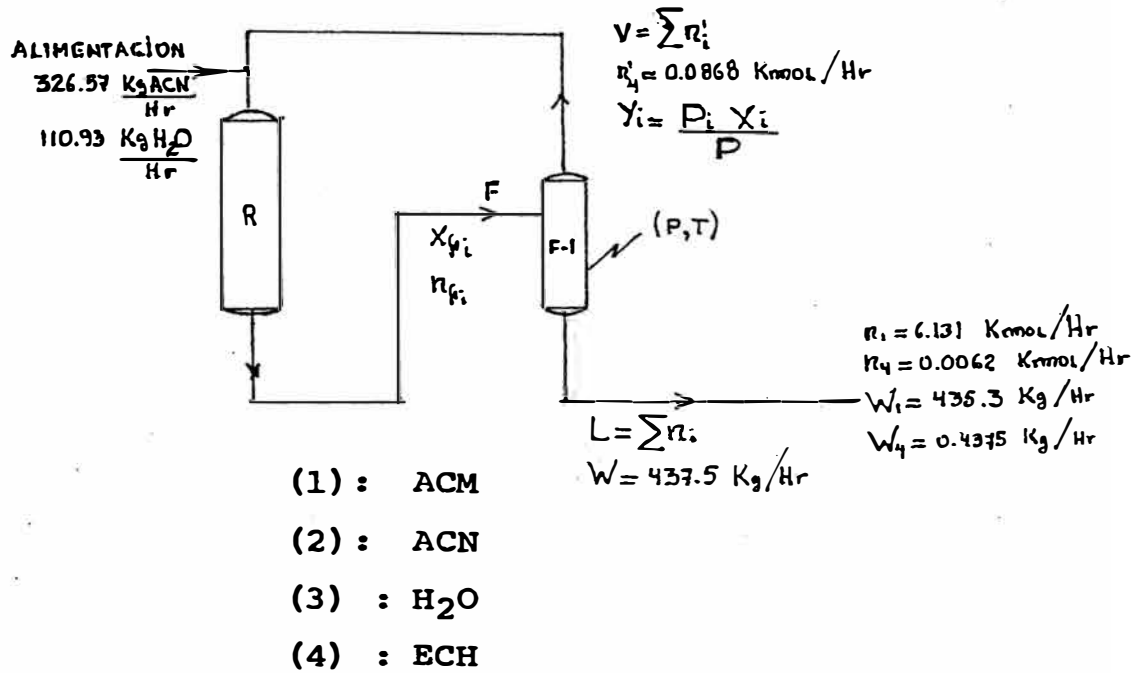
- ECH en el producto:

$$0.1 \% 437.5) = 0.4375 \frac{\text{Kg ECH}}{\text{Hr}} = 0.0062 \frac{\text{Kmol ECH}}{\text{Hr}}$$

- ECH en el recicló:

$$6.6 - 0.4375 = 6.1625 \text{ Kg/Hr} = 0.0868 \text{ Kmol/Hr}$$

En el esquema siguiente se señalan las magnitudes conocidas y todas aquellas por determinar.



Las relaciones a emplear, son las siguientes:

$$W_2 + W_3 = 1.7625 \dots\dots\dots (9)$$

$$L = \sum n_i \dots\dots\dots (10)$$

$$L' = L/F \dots\dots\dots (11)$$

$$V = n_4' / Y_4 \dots\dots\dots (12)$$

$$F = L + V \dots\dots\dots (13)$$

$$Y_i = P_i \cdot X_i / P \dots\dots\dots (14)$$

$$P = \sum P_i \cdot X_i \dots\dots\dots (15)$$

$$X_i = \frac{100 \cdot X_{fi}}{L' + \frac{P_i}{P} (100 - L')} \dots\dots\dots (16)$$

$$X_{f2} \equiv X_{f3} \dots\dots\dots (17)$$

Tanteando los valores convenientes de W_2 y W_3 , tal que se cumple la condición de convergencia (Ec. 17), resulta:

$$W_2 = 1.1482 \text{ Kg/Hr}$$

$$W_3 = 0.6143 \text{ Kg/Hr}$$

$$n_2 = 1.1482/53 = 0.021664 \text{ Kmol/Hr}$$

$$n_3 = 0.6143/18 = 0.034128 \text{ Kmol/Hr}$$

$$L = 6.19395 \text{ Kmol/Hr}$$

Además,

$$x_1 = 6.131/6.19295 = 0.99$$

$$x_2 = 0.021664/6.19295 = 0.003498$$

$$x_3 = 0.034128/6.19295 = 0.005511$$

$$x_4 = 0.0062/6.19295 = 0.000995$$

Siendo la temperatura en el recipiente de separación (F-1) de 125°C , las presiones de vapor correspondientes a cada componente, son (fig. 6.4) :

$$P_1 = 16.4 \text{ mmHg}$$

$$P_2 = 2810 \text{ mmHg}$$

$$P_4 - P_3 = 1740 \text{ mmHg}$$

De la Ec. 15,

$$p = 37.4 \text{ mmHg}$$

de la Ec. 14,

$$Y_1 = 0.4343$$

$$Y_2 = 0.2629$$

$$Y_3 = 0.2565$$

$$Y_4 = 0.0463$$

de la Ec. 12,

$$V = 0.0868/0.0463 = 1.8744 \text{ Kmol/Hr}$$

de la Ec. 13,

$$F = 8.06732 \text{ Kmol/Hr}$$

de la Ec. 11,

$$L' = 76.77 \%$$

de la Ec. 16,

$$X_{f1} = 0.86088$$

$$X_{f2} = 0.0638$$

$$X_{f3} = 0.0638$$

$$X_{f4} = 0.01152$$

C-3 Sistema de Reacción

C-3.1 Termodinámica de la Reacción

- a. Cálculo de la Entropía Standard
(ΔS°_{298}).

En el cálculo de la Entropía Standard de la reacción, se hace uso de la siguiente ecuación, simplificada de acuerdo al estado líquido de reactantes y producto [44] : (Ec. 18)

$$\Delta S_{298}^{\circ} = -20/3 \times \Delta_4 - 4 \times \Delta_5 + 20 \times L$$

donde,

Δ_4 : excluyendo el Boro, Carbono, Silicio, Hidrógeno y Halógenos
Número de átomos en los productos sólidos y/o líquidos menos número de átomos en los reactantes sólidos y/o líquidos

Δ_5 : con referencia sólo al Boro, Carbono, Silicio y Halógenos
Número de átomos en los productos ácidos y/o líquidos, menos número de átomos en los reactantes sólidos y/o líquidos

L: Moles de producto líquido menos moles de reactantes líquidos

En nuestro caso,

$$\Delta_4 = 2 - 2 = 0$$

$$\Delta_5 = 3 - 3 = 0$$

$$L = 1 - 2 = -1$$

resultando

$$\Delta S_{298}^{\circ} = - 20 \text{ cal/mol-}^{\circ}\text{K}$$

El error de la Entropía Standard de formación de compuestos, calculada en esta forma, es más o menos el 4 % para magnitudes menores a 30 cal/mol-°K; mientras que, el error correspondiente a la Entropía Standard de reacciones entre compuestos, es usualmente menor. Consecuentemente, la Entropía Standard determinada para la reacción en cuestión, tiene un grado de aproximación bastante aceptable.

b. Variación de la Constante de Equilibrio con la Temperatura

El cambio de la Energía Libre para una reacción reversible, viene dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta G_T = -R.T. \ln(K) \dots\dots\dots (19)$$

Además, se dispone de la siguiente relación termodinámica:

$$\Delta G_T = \Delta H_T - T. \Delta S_T \dots\dots\dots (20)$$

Asumiendo que ΔH y ΔS no varían en rango moderado T° , y considerando que la presión tiene un efecto mínimo sobre la entropía, entalpía y energía interna; entonces, combinando las dos ecuaciones anteriormente, resulta:

$$\ln(K) = \frac{1}{R} \Delta S_{298}^\circ - \frac{\Delta H_{373}}{R. T.} \dots\dots\dots (21)$$

donde:

$$\Delta H_{373} = - 17,000 \text{ cal/mol}$$

$$\Delta S_{298} = - 20 \text{ cal/mol-}^\circ\text{K}$$

Por lo tanto,

$$\log (K) = - 4.37 + \frac{3715}{T} \dots\dots\dots (21a)$$

En el Cuadro C.5, se muestra la variación de la constante de equilibrio con la temperatura, deducida a partir de la Ec. 21a. Los valores del Cuadro C.5, sirven para la confección del Gráfico 6.7

CUADRO C. 5
Variación de la Constante de Equilibrio
con la Temperatura

T (°K)	1/T x 10 ³	log (K)	k
300	3.33	8.024	1.06 x 10 ⁸
400	2.50	4.924	8.40 x 10 ⁴
500	2.00	3.064	1159
600	1.67	1.824	66.7
700	1.43	0.938	8.7
800	1.25	0.274	1.9

c. Cálculo de la Energía Libre

(ΔG_T)

A 100°C (temperatura promedio de reacción), K = 4 x 10⁵ (Ec. 21a, o fig. 6.7). Entonces, de la Ec. 19 :

$$\Delta G_{373} = - 9,551.2 \text{ cal/mol}$$

El valor obtenido nos indica que la Hidratación Catalítica del ACN, es termodinámicamente muy favorable.

d. Extensión de la Reacción

La expresión general del equilibrio químico, es la siguiente:

$$K = \left[\prod (x_i \cdot \gamma_i)^{\nu_i} \right] \cdot \text{EXP} \left[\frac{P-1}{RT} \sum (\nu_i \cdot V_i) \right] \dots (22)$$

Ya que la presión a la que se lleva a cabo la reacción es relativamente baja, el término exponencial de la ecuación anterior, tiende a la unidad [42-p(401)].

Entonces,

$$K = \prod (x_i \cdot \gamma_i)^{\nu_i} \dots \dots \dots (22a)$$

En ausencia de datos para los coeficientes de actividad (γ_i) en este sistema, se asume que las especies reactivas conforman una solución ideal ($\gamma_i = 1$), obteniéndose la denominada "Ley de Acción de Masas":

$$K = \prod (x_i)^{\nu_i} \dots \dots \dots (22b)$$

Los números estequiométricos correspondientes a cada una de las especies, se conocen en la ecuación química de la reacción.

Entonces,

$$K = x_1^1 \cdot x_2^{-1} \cdot x_3^{-1} \dots \dots \dots (22c)$$

Con referencia al balance de materia efectuado, los moles de entrada al sistema de reacción, son:

$$n_1|_{\theta=0} = 0.8140 \text{ Kmol/Hr}$$

$$n_2|_{\theta=0} = 6.6545 \text{ Kmol/Hr}$$

$$n_3|_{\theta=0} = 6.6436 \text{ Kmol/Hr}$$

$$n_4|_{\theta=0} = 0.0868 \text{ Kmol/Hr}$$

$$\sum n_i|_{\theta=0} = 14.20 \text{ Kmol/Hr}$$

Un balance de materia proporciona los moles en equilibrio correspondientes a cada especie:

$$n_1 = n_1|_{\theta=0} + \mathcal{E} e, \quad x_1 = n_1 / (14.2 - \mathcal{E} e)$$

$$n_2 = n_2|_{\theta=0} - \mathcal{E} e, \quad x_2 = n_2 / (14.2 - \mathcal{E} e)$$

$$n_3 = n_3|_{\theta=0} - \mathcal{E} e, \quad x_3 = n_3 / (14.2 - \mathcal{E} e)$$

$$\frac{n_4}{n_i} = \frac{n_4|_{\theta=0}}{14.2 - \mathcal{E} e}$$

Además, sabiendo que a 100°C, $K = 4 \times 10^5$, entonces, de la ecuación 22c:

$$\frac{(0.814 + \mathcal{E} e)(14.2 - \mathcal{E} e)}{(6.6545 - \mathcal{E} e)(6.6436 - \mathcal{E} e)} = 4 \times 10^5$$

o,

$$\frac{(0.1223 + \xi' e)(2.134 - \xi' e)}{(1 - \xi' e)^2} = 4 \times 10^5 \quad (22d)$$

Por lo tanto,

$$\xi' e = 0.9982$$

o,

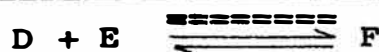
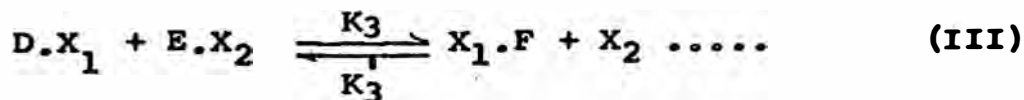
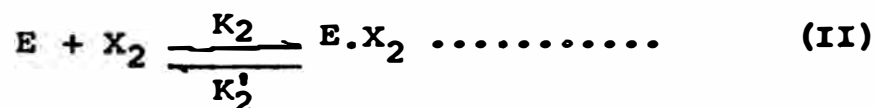
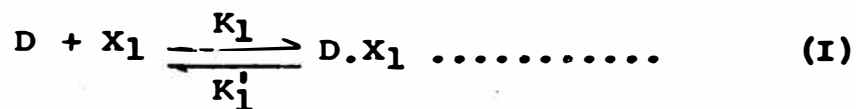
$$\xi e = 6.6425 \text{ Kmol/Hr}$$

Sin embargo, con referencia al balance de materia efectuado en C-2,

$$\xi' = 0.923$$

C-3.2 Cinética de la Reacción

El mecanismo de reacción supuesto, correspondiente a la absorción de una molécula de ACN (D) y otra de Agua (E) en centros activos adyacentes ($X_1 - X_2$), es el siguiente:



Suponiendo que la etapa controlante sea la absorción de "D" (etapa correspondiente a la reacción I), la expresión de velocidad correspondiente, será:

$$r = k_1 \cdot c_D \cdot \bar{x}_1 - k_{-1} \cdot \bar{c}_D = k_1 \left(c_D \cdot \bar{x}_1 - \frac{1}{\bar{k}_1} \bar{c}_D \right) \dots \quad (23)$$

Las etapas (II), (III) y (IV), estarán en equilibrio. Por definición:

$$\bar{k}_2 = \frac{\bar{c}_E}{\bar{x}_2 \cdot c_E}, \quad \bar{c}_E = \bar{k}_2 \cdot c_E \bar{x}_2 \dots \dots \dots \quad (24)$$

$$\bar{k}_3 = \frac{\bar{c}_F \cdot \bar{x}_2}{\bar{c}_D \cdot \bar{c}_E}, \quad \bar{c}_D = \frac{c_F \cdot \bar{x}_2}{\bar{k}_3 \cdot \bar{c}_E} \dots \dots \dots \quad (24a)$$

$$\bar{k}_4 = \frac{c_F \cdot \bar{x}_1}{\bar{c}_F}, \quad \bar{c}_F = \frac{c_F \cdot \bar{x}_1}{\bar{k}_4} \dots \dots \dots \quad (24b)$$

Reemplazando en la Ec. (24a), resulta

$$\bar{c}_D = \frac{c_F \cdot \bar{x}_1}{\bar{k}_2 \bar{k}_3 \bar{k}_4 \cdot c_E} \dots \dots \dots \quad (24c)$$

sustituyendo la Ec. (24c) en la Ec. (23), resulta:

$$r = k_1 \left(c_D \cdot \bar{x}_1 - \frac{c_F \cdot \bar{x}_1}{\bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3 \bar{k}_4 c_E} \right)$$

o,

$$r = k_1 \cdot \bar{x}_1 \left(c_D - \frac{c_F}{\bar{k} \cdot c_E} \right) \dots \dots \dots (23a)$$

donde,

$$\bar{k} = \bar{k}_1 \bar{k}_2 \bar{k}_3 \bar{k}_4$$

Por otra parte, el número total de centros activos X_1 , será:

$$\begin{aligned} \bar{C}_{X_1} &= \bar{X}_1 + \bar{C}_D + \bar{C}_F \\ \bar{C}_{X_1} &= \bar{X}_1 + \frac{C_F \cdot \bar{X}_1}{\bar{K}_2 \bar{K}_3 \bar{K}_4 \cdot C_E} + \frac{C_F \cdot \bar{X}_1}{\bar{K}_4} \\ \bar{X}_1 &= \frac{\bar{C}_{X_1}}{1 + \frac{C_F}{\bar{K}_4} + \frac{C_F}{\bar{K}_2 \bar{K}_3 \bar{K}_4 \cdot C_E}} \dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

Sustituyendo la Ec. (25) en la Ec. (23a), resulta:

$$r = \frac{K_1 \cdot \bar{C}_{X_1} (C_D - \frac{C_F}{\bar{K} \cdot C_E})}{1 + \frac{C_F}{\bar{K}_4} + \frac{C_F}{\bar{K}_2 \bar{K}_3 \bar{K}_4 \cdot C_E}} \dots\dots\dots (23b)$$

Agrupando constantes y simplificando, se obtiene finalmente:

$$r = \frac{a \cdot (\bar{K} \cdot C_D \cdot C_E - C_F)}{\bar{K} \cdot C_E + \bar{K}_{FE} \cdot C_E \cdot C_F + \bar{K}_1 \cdot C_F} \dots\dots\dots (23c)$$

donde,

$$a = K_1 \cdot \bar{C}_{X_1}$$

$$\bar{K}_{FE} = \bar{K}_1 \bar{K}_2 \bar{K}_3$$

En el cuadro 6.3, se muestra, en resumen la cinética, de la reacción para el mecanismo de reacción supuesto.

C-3.3 Propiedades Físicas complementarias del Catalizador

Se tienen los siguientes datos y se conocen las siguientes relaciones:

$$\rho_P = 1.1 \text{ gr/cc}$$

$$V_g = 0.69 \text{ cc/gr}$$

$$V_g = (V_g)_M + (V_g)_\mu \dots\dots\dots (26)$$

$$\rho_p = \frac{\rho_P}{1 - (V_g)_M \cdot \rho_P} \dots\dots\dots (27)$$

$$\epsilon_s = \rho_P / \epsilon_s \dots\dots\dots (28)$$

$$\epsilon_M = (V_g)_M / (1 / \rho_P) \dots\dots\dots (29)$$

$$\epsilon_\mu = (V_g)_\mu / (1 / \rho_P) \dots\dots\dots (30)$$

$$\epsilon_s = 1 - \epsilon_M - \epsilon_\mu \dots\dots\dots (31)$$

$$\epsilon_p = (V_g)_\mu / (1 / \rho_P) \dots\dots\dots (32)$$

$$\epsilon_p = 0.5 , [48-p(303)]$$

Combinando las ecuaciones (26), (27), (32), y reemplazando valores, resulta:

$$(V_g)_M = 0.471 \text{ cc/gr}$$

$$(V_g)_\mu = 0.219 \text{ cc/gr}$$

Reemplazando valores en las ecuaciones (29), (30) y (31) se obtiene:

$$\epsilon_M = 0.518$$

$$\epsilon_\mu = 0.241$$

$$\epsilon_s = 0.241$$

De las ecuaciones (27) y (28), resulta:

$$\rho_p = 2.283 \text{ gr/cc}$$

$$\rho_s = 4.560 \text{ gr/cc}$$

C 3.4 Diseño de Reactor

a. Balace de Energía

La energía necesaria para elevar la temperatura de la corriente de entrada al reactor (t_1) a la temperatura de operación de la misma (t_2), viene dada por la siguiente expresión:

$$q_{\text{req}} = \left[\sum m_i \cdot \bar{c}_{pi} \right] \cdot (t_2 - t_1) \dots \dots \dots \quad (33)$$

CUADRO C. 6

i	m_i (lb/Hr)	\bar{c}_{pi} ($\frac{\text{BTU}}{\text{lb-Hr}}$)	$m_i \cdot \bar{c}_{pi}$
ACN	776	0.5	388
H ₂ O	263	1.003	263.8
ACM + ECH	141	0.443	62.5
			714.3

Reemplazando valores en la Ec. (33), resulta:

$$q_{req} = 714.3 (212 - 108)$$

$$q_{req} = 74,287 \text{ BRTU/Hr}$$

La entalpia de reacción, es:

$$\Delta H_{rxn} = 17,000 \text{ cal/mol}$$

$$= 30,627 \text{ BTU/lbmol}$$

Con una producción del primer módulo de 435,3 (Kg ACM 99.5 %/Hr), o 13.5 (lbmol ACM-99.5%/Hr), el calor generado por efecto de la reacción, será:

$$q_{rxn} = 13.5 (\Delta H_{rxn}) = 413,464.5 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

En consecuencia, deberá removerse calor del reactor, de tal manera que a la corriente de salida le corresponda una temperatura de 212°C. En caso de no removerse el excedente, procedería la polimerización del ACN y ACM, elevándose considerablemente la temperatura por ambas causas.

Deberá removerse, mediante agua de enfriamiento,

$$q_{rem} = q_{rxn} - q_{req} = 339,177.5 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

b. Coeficiente Global Primario de Transferencia de Calor

La tasa de transferencia de calor a través de un área infinita, viene expresada por la siguiente ecuación:

$$q_{max} = C_{min} \times \Delta t_{max} \dots \dots \dots (34)$$

La Tasa total real de transferencia de calor, es:

$$q = \epsilon \cdot C_{\min} \cdot \Delta t_{\max} \dots\dots\dots (35)$$

O,

$$q = U \cdot A \cdot \Delta t_{\text{verd}} \dots\dots\dots (35a)$$

Para flúidos en contracorriente

$$\epsilon = \frac{1 - e^{-Ntu(1 - C_{\min}/C_{\max})}}{1 - (C_{\min}/C_{\max})e^{-Ntu(1 - C_{\min}/C_{\max})}} \dots\dots\dots (36)$$

$$Ntu = \frac{A \cdot U}{C_{\min}} \dots\dots\dots (37)$$

En nuestro caso,

$$C_{\min} = \frac{q_{\text{rem}}}{t_2 - t_1} = 3,261.3 \text{ (BTU/HR } ^\circ\text{F)}$$

$$\Delta t_{\max} = t_2 - t_3 = 212 - 77 = 135^\circ\text{F}$$

$$q_{\max} = 3,261.3 \times 135 = 440,278.5 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$$

$$\epsilon = \frac{q_{\text{rem}}}{q_{\max}} = \frac{359,177.5}{440,278.5} = 0.7704$$

Mediante la ecuación de la eficiencia a la transferencia de calor (Ec. 36), se logra confeccionar el cuadro C.7.

Por otro lado, si el catalizador se encuentra empacado en un haz de "n_t" tubos, de diámetro exterior "DE", de diámetro interior "DI", y de longitud "L", entonces:

$$A = n_t \cdot L \cdot \left(\pi \cdot \frac{DE}{12} \right) \dots\dots\dots (38)$$

$$V_c'' = n_t \cdot L \cdot \left(\frac{\pi}{4} \cdot \frac{DI^2}{144} \right) \dots\dots\dots (39)$$

de la Ec. (39).

$$L = \left(\frac{576}{\pi} \cdot V_c'' \right) \cdot \frac{1}{n_t \cdot DI^2} \dots\dots\dots (39a)$$

Además, siendo la mezcla reaccionante una sustancia or gánica de viscosidad mayor a 1 cP; entonces, el coeficiente global de transferencia de calor oscilará entre 5 y 75 BTU/Hr-ft² °F, para un factor de obstrucción total de 0.003 [49 p(945)].

Combinando las Ecs. (38) y (39), resulta:

$$A = 48 \cdot V_c'' \cdot \left(\frac{DE}{DI^2} \right) \dots\dots\dots (40)$$

Partiendo de $A \times U = A \times U$, y reemplaza la Ec. (40) en ésta, resulta:

$$U = \frac{AxU}{48xV_c'' \cdot \left(\frac{DE}{DI^2} \right)} \dots\dots\dots (41)$$

Reemplazando valores y efectuando, se obtiene:

$$U = \frac{AxU}{1381.73 \cdot \left(\frac{DE}{DI^2} \right)} \dots\dots\dots (41a)$$

Mediante esta última ecuación y con el auxilio de la información dada en el cuadro C.7, se determina que, para poder satisfacer el rango de diseño del coeficiente global de transferencia de calor, deberán emplearse tubos desde 1¹/₂" DE - 18 BWG para una temperatura

CUADRO C. 7

t_4 (°F)	$C_{\max} = \frac{q}{t_4 - t_3}$	$\frac{C_{\min}}{C_{\max}}$	N_{tu} (Ec. 36)	A.U. (Ec. 37)	Δt_{verd} (Ec. 35a)
80	113,060.0	0.029	1.492	4,866	69.7
85	42,397.0	0.077	1.528	4,983	68.1
90	26,091.0	0.125	1.566	5,107	66.4
95	18,843.0	0.173	1,606	5,238	64.8
105	12,113.5	0.269	1.695	5,528	61.4

t_4 100°F, o tubos de mayor diámetro y menor temperatura
ra t_4 , hasta 22 IPS y 90°C (Ver Cuadro 6.7)

c. Coeficiente Global de Diseño de Transferencia de Calor

Tubos de 2"IPS-SCH 40 (2.38"DE, 2.067"DI),
Temperatura de salida del agua (t_4): 85°F, Coef. Global Primario de Transferencia:

$$U = 6.47 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Sean " n_t " tubos arreglados en cuadro en una coraza de diámetro interior D_{s_i} .

Para " n_t " tubos BWG, de 1"DE, arreglados en cuadro, el diámetro interior de la coraza es $(D_{s_i})^\circ$. Entonces,

$$D_{s_i} = (D_{s_i})^\circ \times \frac{2.38}{1} = 2.38 (D_{s_i})^\circ \dots (42)$$

La disponibilidad de tubos IPS se determina según la disponibilidad de tubos BWG [49-p(946)], y la Ec. (42)

CUADRO C.8
Disponibilidad de tubos de
2" IPS - SCH 40

Ds _i (pulg)	n _t
	1 paso
19.04	21
23.80	32
28.56	48
31.54	61
36.30	81
41.06	112

Lado de la coraza (agua de enfriamiento)

a_s = área coraza - área de tubos

$$= \frac{1}{144} (D_s^2 \cdot \frac{\pi}{4} - n_t \cdot \frac{\pi}{4} \cdot DE^2) \dots \quad (43)$$

$$W = \frac{q_{rem}}{\bar{c}_{H_2O} \cdot (t_4 - t_3)} = 43,397,2 \text{ lb/Hr}$$

$$G_s = W / a_s \dots \dots \dots (44)$$

$$De = \frac{4x(a_s)}{\text{perímetro húmedo}} = \frac{4x(a_s)}{n_t (\pi) (\frac{DE}{12})} \quad (45)$$

$$= 2 \text{ lb/ft} \cdot \text{Hr}$$

$$Re_s = De \times G_s / \mu \dots \dots \dots (46)$$

$$\bar{k} = 0.358 \text{ BTU/Hr-ft}^2 \text{-(}^\circ\text{F/ft)}$$

$$\left(\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{\bar{k}}\right)^{1/3} = 1.774$$

$$\begin{aligned} \frac{h_o}{\phi_s} \approx h_o &= \frac{J_H}{De} \left[\bar{k} \left(\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{\bar{k}}\right)^{1/3} \right] = \\ &= 0.6351 \times \frac{J_H}{De} \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (47)$$

J_H = Factor Colburn, [49-fig (24)]

Lado de los Tubos (mezcla reaccionante)

$$a'_t = 3.35 \text{ pulg}^2$$

$$a_t = \frac{n_t \times a'_t}{144} \text{ (ft}^2\text{)} \dots\dots\dots (48)$$

$$G_t = W / a_t = 1179.7 / a_t \text{ (} \frac{\text{lb}}{\text{Hr-ft}^2} \text{)} \dots (49)$$

$$\bar{\mu} = 1.49 \text{ cP} = 3.6 \text{ lb/ft-Hr}$$

Pellets cilíndricos de 1/4" x 1/4"

$$A_p = \pi \left(\frac{1/4}{12}\right)^2 + 2 \times \frac{\pi}{4} \left(\frac{1/4}{12}\right) = 0.002045 \text{ ft}^2$$

$$Re'_t = \frac{\sqrt{A_p \times G_t}}{\bar{\mu}} = 0.012562 \times G_t \dots\dots (50)$$

$$\bar{c}_p = 0.54 \text{ BTU/lb-ft (Ec.6a, 6b, tablas)}$$

$$\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{\bar{K}} = 62 \quad (\text{Ec. 7a, 7b, tablas})$$

$$\frac{(\bar{c}_p \cdot \bar{\mu})^{2/3}}{k} = 15.7$$

$$\bar{k} = 0.0314 \text{ BTU/Hr-ft}^2 \text{-(}^\circ\text{F/ft)}$$

$$\epsilon_L = \frac{\text{porosidad lecho}}{\text{vol. total lecho}}$$

$$= \frac{(V_c' - V_c) + W_c (\text{Vol. Poro})}{V_c'} = 0.814$$

$$f' = 0.865, \quad [50-p(657)]$$

$$J_H \left[\left(\frac{\epsilon_L}{f'} \right) \right] = \text{Función } (Re_t'), \quad [50\text{-fig}(20-8)]$$

$$J_H = \frac{hi}{\bar{c}_p \times G_t} \left(\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{\bar{K}} \right)^{2/3} \dots \dots \dots (51)$$

$$h_{io} = hi \times \frac{DI}{DE} = 0.8685 \times hi \dots \dots \dots (52)$$

$$h_{io} = 0.03174 \times G_t \left[J_H \left(\frac{\epsilon_L}{f'} \right) \right] \dots \dots \dots (52a)$$

De la Ec. (40)

$$A = 769.8 \text{ ft}^2$$

De la Ec. (38),

$$n_t \times L = 1,235 \text{ ft}$$

Además,

$$U_c = \frac{h_{io} \times h_o}{h_{io} + h_o} \dots\dots\dots (53)$$

$$U_d = \frac{U_c}{1 + R_d \times U_c} \dots\dots\dots (54)$$

$$R_d = 0.003 (Hr-ft^2-^{\circ}F)/BTU$$

Según la mecánica de cálculo detallada, puede confeccionarse el cuadro C.9.

De dicho cuadro, se adopta el coeficiente "Ud" correspondiente a un diámetro de coraza $D_{s1} = 23.8"$.

$$U_d = 7.63 (BTU/Hr-ft^2-^{\circ}F)$$

por ser el que más se asemeja al coeficiente global primario $U = 6.47$

d. Caída de Presión

Lado de los tubos

La caída de presión debido a la fricción en el flujo, a través del lecho relleno, viene dada por la siguiente ecuación [50-p(166)] :

$$-\Delta P_t = \frac{f_p \cdot \rho \cdot L \cdot \bar{v}_0^2}{D_p \cdot g_c} \left[\frac{1 - \epsilon_L}{\epsilon_L^3} \right] \dots\dots\dots (55)$$

$$f_p = \frac{150(1-\epsilon_L)}{Re_p} + 1.75 \dots\dots\dots (55a)$$

CUADRO C.9

Determinación del Coeficiente Global de Diseño (Ud) por su aproximación al
Coeficiente Primario (U) correspondiente

D _s (pulg)	n _t 1 paso	L (ft)	Lado de la Coraza						
			a _s	G _s	De	Re _s	L/D	JH _s	h _o
19.04	21	58.8	1.33	31,926	0.406	6,481	340	22.5	35.2
23.80	32	38.6	2.10	20,189	0.421	4,250	224	14.5	22.0
28.56	48	25.7	2.97	14,294	0.397	2,838	149	8.0	12.8
31.54	61	20.3	3.54	11,973	0.373	2,233	118	5.4	9.2
36.30	81	15.3	4.68	9,060	0.371	1,680	89	5.2	8.9
41.06	112	11.0	5.75	7,373	0.329	1,213	64	4.6	8.9

CUADRO C. 9

(Continuación)

D _{sj} (pulg)	nt paso	L (ft)	Lado de los Tubos				U _c	U _d
			G _t	Re _t	J _H ($\frac{\epsilon L}{f'}$)	h _{io}		
19.04	21	58.8	2,411	30.2	0.19	14.60	10.32	10.00
23.80	32	38.6	1,582	20.0	0.24	12.10	7.81	7.63
28.56	48	25.7	1,055	13.3	0.31	10.40	5.74	5.64
31.54	61	20.3	830	10.4	0.38	10.00	5	-
36.30	81	15.3	625	7.9	0.43	8.54	5	-
41.06	112	11.0	452	5.7	0.52	7.47	5	-

$$L = 38.6 \text{ ft}$$

$$\rho = 53.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\bar{v}_O = G_O / \rho = 1582 / 53.4 = 29.63 \text{ ft/Hr}$$

$$D_p = 6 \frac{v_p}{s_p} = 1/4 \text{ "}$$

$$q_c = 32.3 \text{ poundal/f-lb}$$

$$\epsilon_L = 0.814$$

$$Re_p = \frac{D_p \cdot G_O}{\mu} = 9.16$$

Reemplazando valores en la Ec. (55), y efectuando:

$$\Delta P_t = \frac{4.8 \times 53.4 \times 38.6 \times (8.2 \times 10^{-3})^2}{\left(\frac{1/4}{12}\right) \times 32.2} \times 0.3449$$

$$\Delta P_t = 0.345 \text{ psf}$$

Lado de la coraza

La caída de presión en la coraza, viene dada por la siguiente ecuación:

$$\Delta P_s = \frac{f_s \cdot G_s^2 \cdot L \cdot N}{5.22 \times 10^{10} \cdot D_e \cdot s \cdot \phi_s} \dots \quad (56)$$

$$f_s = [49\text{-fig}(26)]$$

$$G_s = 20,189 \text{ lb/Hr-ft}^2$$

$$L = 38.6 \text{ ft}$$

$$N = 1$$

$$De' = 4 \frac{\text{área de flujo}}{\text{perímetro húmedo friccional}}$$

$$De' = 4 \frac{a_s}{(n_t \cdot \pi \cdot \frac{DE}{12} + \pi \cdot D_{s_i} / 12)} = 0.321 \text{ ft}$$

$$s = 1$$

$$\phi_s = \left(\frac{\bar{\mu}}{\bar{\mu}_w} \right)_s^{0.14} = 1$$

$$Pe'_s = \frac{De' \cdot G_s}{\bar{\mu}} = \frac{0.321 \cdot 20189}{2} = 3240$$

$$f_s = 0.0004 \text{ ft}^2 / \text{pulg}^2 = 0.0576 \text{ ft}^2 / \text{ft}^2$$

Reemplazando valores en la Ec. (56), y efectuando:

$$- \Delta P_s = \frac{0.0576 \times 20189^2 \times 38.6 \times 1}{5.22 \times 10^{10} \times 0.321 \times 1 \times 1} = 0.054 \text{ psf}$$

e. Altura y Volumen del Reactor

La altura correspondiente a la longitud efectiva de los tubos, es de 38.6 ft. A esto, hay que agregar la longitud muerta de los mismos y la altura de los cabezales.

Para la presión de operación en cuestión, se requieren cabezales elípticos. Es decir:

$$H_{\text{cab}} = \frac{D_{s_i}}{4} \dots \dots \dots (57)$$

asi,

$$H_{cab} = \frac{23.8/12}{4} = 0.5 \text{ ft}$$

Por lo tanto, la altura total de cada unidad, será:

$$H_R = H_t + 2 H_{cab} \dots\dots\dots (58)$$

$$H_R = 20 + 2 (0.5) = 21 \text{ ft}$$

El volumen de cada unidad, viene dado por la siguiente expresi3n:

$$V_R = V_{R1} + V_{R2} \dots\dots\dots (59)$$

$$V_{R1} = \frac{\pi}{4} D_{s_i}^2 \times H_t = \frac{\pi}{4} \left(\frac{23.8}{12}\right)^2 \times 20$$

$$V_{R1} = 61.8 \text{ ft}^3$$

A $H_{cab} / D_{s_i} = 0.25$, le corresponde un volumen de casquete de:

$$V_{cab} = 0.081812 (D_{s_i})^3 \dots\dots\dots (60)$$

$$V_{cab} = 0.64 \text{ ft}^3$$

Por lo tanto, de la Ec. (59), se obtiene:

$$V_R = 61.8 + 2 \times 0.64$$

$$V_R = 63 \text{ ft}^3/\text{unidad}$$

C-4 Diseño de los Sistemas de Operaciones
Unitarias

C-f.1 Sistemas de Almacenamiento

a. Tanques de ACM

Se asume que los tanques 6 y 7 operan alternativamente durante 8 horas. En éstos se diluye Acrilamida obtenida al 99.5 %, a una solución al 50 %, mediante agua desionizada proveniente del tanque Tk-1.

El Tk-6 inicia su operación conteniendo agua necesaria para un período de dilución de 8 horas:

$$866.25 \text{ (Kg/Hr)} \times 8 \text{ Hr} = 6,930 \text{ Kg}$$

Durante 8 horas, dicho tanque recibe

$$875 \text{ (Kg/Hr)} \times 8 \text{ Hr} = 7,000 \text{ Kg ACM}$$

equivalente a 6,451 lt ACM-99.5 %.

Al cabo de dicho período de tiempo, el tanque Tk-7, entra en funcionamiento. Paralelamente, se considera que en el Tk-6 se lleva a cabo lo siguiente:

- Burbujeo adicional de la solución:	1 Hr
- Desalojo de la solución ACM-50 :	3 Hr
- Llenado del tanque con agua :	3 Hr
- Espera para entrar en funcionamiento nuevamente :	<u>1 Hr</u>
	8 Hr

El burbujeo adicional tiene por objeto homogenizar la solución obtenida de ACM-50 %.

Por otra parte, considerando que el desalojo de la solución ACM-50, de los tanques Tk-6-7 hacia los tanques Tk-8-9-10, se hace en 3 horas, el flujo volumétrico hacia éstos, será:

$$(6,930 + 6,451.4) / 3 = 4,460.5 \text{ lt/Hr,}$$

3 veces diarias.

A continuación, se muestra la mecánica de cálculo seguida. En el cuadro 6.9, se muestran las especificaciones de los tanques Tk-6-7-8-9-10.

1. Tanques de Dilución Tk-6-7

La temperatura resultante de ingreso del fluido ACM 99.5 % a dichos tanques, es 90°C (194°F). Además, como acaba de señalarse, el ciclo de operación de cada uno de ellos, es de 8 horas.

Determinación de la temperatura final de la solución resultante ACM-50

Para ésto, se efectúa un balance de calor:

(calor perdido por ACM-99.5 %) =

(calor ganado por el agua contenida en el tanque 6 ó 7)

$$\bar{c}_{pACM} \cdot m_{ACM} (t_1 - t) = \bar{c}_{pH_2O} \cdot m_{H_2O} (t - t_3)$$

	ACM	H ₂ O
\bar{c}_p ($\frac{\text{Kcal}}{\text{Kg} \cdot ^\circ\text{C}}$)	0.4	1
m (Kg/ciclo)	7000	6930
t ($^\circ\text{C}$)	90	25

Reemplazando y efectuando, se obtiene:

$$t = 43.7^\circ\text{C} \text{ (110.7}^\circ\text{F)}$$

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$6,930 + 6,451.4 = 13,381.4 \text{ lt}$$

Capacidad de diseño:

$$13,381.4 / 0.75 = 17,842 \text{ lt}$$
$$= 4,714 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido):

$$2.5 \text{ Mt}$$

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 4.91 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(17,842/1000) / 4.91 = 3.63 \text{ Mt}$$

- Aro Regador

Diámetro del aro regador:

$$2.5 \times (2/3) = 1.66 \text{ Mt}$$

Flujo de aire de burbujeo:

$$\frac{4714}{1000} \times \left(\frac{2}{3} \right) = 3.14 \text{ cfm}$$

Presión Hidrostática

$$P_h = 1041 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \right) \times 3.63 \text{ Mt} = 3778.8 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

Espesor de pared

Se dispone de la siguiente ecuación para el cálculo del espesor:

$$e_{cal} = \frac{P_{hd} \cdot (D/2)}{\alpha \cdot \theta' - 0.6 P_{hd}} \text{ (mm)} \dots\dots\dots (61)$$

$$\alpha = 0.78$$

$$\theta' = 55,000 \text{ psi} = 38.75 \text{ Kg/mm}^2$$

$$P_{hd} = 4 (P_{ho})$$

$$P_{ho} = 1.2 (P_h)$$

CUADRO C. 10

	Tk-6-7	Tk-8-9-10
$P_h \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$	0.00378	0.00791
D (mm)	2,500	6,000
e_{cal} (mm)	0.75	3.77
e_{corr} (mm)	2.42	2.58
e_d (mm)	3.175	6.35

- Peso

Se dispone de la siguiente ecuación para el cálculo del peso de los tanques [51]:

$$\ln(W) = 3.046 + 0.621 \ln(E) \dots\dots\dots (62)$$

$$E = \frac{[(H/D) + 1.82] \cdot P_{hd} \cdot D^3}{25,600 + 1.2 (P_{hd})} \dots\dots\dots (62a)$$

CUADRO C. 11

	Tk-6-7	Tk-8-9-10
H (pulg)	142.90	300.00
D (pulg)	98.43	236.20
P _h (psig)	5.38	11.26
E	3141.00	85678.00
W (kg)	3123.00	24332.00

2. Tanques de Almacenamiento Tk-8-9-10

La mecánica de cálculo es semejante a la seguida para los tanques Tk-6-7.

Se ha considerado un tiempo de almacenamiento de 4 días para cada uno de ellos.

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$4460.5 \frac{lt}{Hr} \times (3 \times 3) \frac{Hr}{día} \times 4 \text{ días} =$$

$$= 160,578 \text{ lt.}$$

Capacidad de diseño:

$$160,578 / 0.75 = 214,104 \text{ lt} =$$

$$= 56,566.6 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido):

$$6 \text{ Mt}$$

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 28.27 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(214,104/1000) / 28.27 = 7.60 \text{ Mt}$$

- Aro Regador

Diámetro del aro regador:

$$6 \times (2/3) = 4 \text{ Mt}$$

Flujo de aire de burbujeo:

$$\frac{56,566.5}{1000} \times \left(\frac{2}{3} \right) = 37.7 \text{ cfm}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 1041 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \right) \times 7.6 \text{ Mt} = 7911.6 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

- Espesor de Pared

Ver cuadro C.10

- Peso

Ver Cuadro C. 11

b. Tanques de ACN

En primer lugar, cabe recordar que a capacidad plena de producción, se requerirá 653.14 Kg ACN/Hr.

Por otra parte, con respecto al tanque de recepción para el ACN importado, es poco probable que algún tanque de la zona de Conchán, cumpla con todas las especificaciones correspondientes al Tk-ACN, señaladas en el cuadro 6.9. Se adoptará el tanque que más se ajuste a nuestras necesidades.

En el cuadro 6.9, se muestran las especificaciones de los tanques Tk 4-5-ACN.

1. Tanques en Planta Tk 4-5

Se considera un período de distribución de ACN al proceso de 24 Hr para cada uno de ellos.

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$\frac{653.14 \text{ (Kg/Hr)}}{0.80 \text{ (Kg/lit)}} \times 24 \frac{\text{Hr}}{\text{día}} = 19594.2 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

Capacidad de diseño

$$\frac{19594.2}{0.75} = 26125.6 \text{ lt} = 6,902.4 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumió):

3 Mt

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 7.07 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(26125.6/1000) / 7.07 = 3.7 \text{ Mt}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 800 \left(\frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \right) \times 3.7 \text{ Mt} = 2960 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3}$$

- Espesor de pared y Peso

Mediante la Ec. (61), se calculan los espesores de pared correspondientes (Ver Cuadro C.12).

Mediante la Esc.(62) y (62a) se calculan los pasos correspondientes (Ver Cuadro C.13)

CUADRO C. 12

	Tk-4-5	Tk-ACN
$P_h \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$	0.00296	0.00624
D (mm)	3,000	8,000
e_{cal} (mm)	0.70	4.00
e_{corr} (mm)	2.475	2.35
e_d (mm)	3.175	6.25

CUADRO C. 13

	Tk-4-5	Tk-ACN
H (pulg)	145.70	307.10
D (pulg)	118.10	315.00
h (pulg)	4.25	8.92
E	3965.20	145082.10
W (Kg)	3609.00	33746.00

2. Tanque de recepción en Conchán Tk-ACN

Dicho tanque recepciona el ACN importado, asegurando el abastecimiento de la materia prima por 15 días.

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$19594.2 \cdot \frac{1t}{día} \times 15 \text{ días} = 293913 \text{ lt}$$

Capacidad de diseño:

$$\frac{293,913}{0.75} = 391,884 \text{ lt} = 103,536 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido):

8 Mt

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 50.27 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(391,884/1000) / 50.27 = 7.80 \text{ Mt}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 800 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \times 7.8 \text{ Mt} = 6,240 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

- Espesor de pared

Ver Cuadro C.12

- Peso

Ver Cuadro C. 13

c. Tanques de Agua Desionizada

El sistema de contención de agua desionizada, consta de 3 tanques: Tk-1-2-3.

El tanque Tk-1 es el principal, que no sólo abastece a los tanques Tk-2 y Tk-3; sino que, como ya se ha mencionado, también abastece a los tanques de dilución Tk-6 y Tk-7.

Por otro lado, se asume un período de abastecimiento de 3 días para cada uno de estos tanques.

A capacidad plena, 72 horas de abastecimiento del tanque Tk-2 ó Tk-3, significan:

$$221.86 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}} \times 72 \text{ Hr} = 15,974 \text{ Kg agua}$$

Al cabo de dicho período de abastecimiento, el otro tanque, el Tk-3 ó Tk-2, según entra en funcionamiento. Paralelamente, se lleva a cabo el llenado "progresivo" del anterior, conjuntamente con el llenado "completo" del tanque Tk-6 ó Tk-7, durante 3 períodos diarios de 3 horas cada período, por 3 días consecutivos. O sea, el tanque Tk-2 ó Tk-3 se llenará al cabo de

$$3 \times 3 \times 3 = 27 \text{ horas}$$

Este arreglo de llenado progresivo del tanque Tk-2 o Tk-3, simultáneamente con el llenado completo del tanque Tk-6 ó Tk-7, por 3 períodos diarios de 3 horas cada período, le significaron al tanque Tk-1 un gasto diario de

$$591.6 \frac{\text{lt}}{\text{Hr}} (3 \times 3) \frac{\text{Hr}}{\text{día}} + 2,310 \frac{\text{lt}}{\text{Hr}} (3 \times 3) \frac{\text{Hr}}{\text{día}}$$
$$= 26,114.4 \frac{\text{lt}}{\text{día}}$$

que debe reponer la sub-planta desmineralizadora del agua.

Los flujos de llenados de 591.6 lt/Hr (para el tanque Tk-2 ó Tk-3) y 2,310 lt/Hr (para el tanque Tk-6 o Tk-7) son el resultado de los requerimientos de abastecimiento en la forma anteriormente estipulada.

En la figura C.1, se esquematiza lo hasta ahora expuesto para tanques de almacenamiento.

A continuación, se procede al cálculo de los tanques Tk-1-2-3. En el cuadro 6.9, se muestran las especificaciones de los mismos.

1. Tanques de agua desionizada Tk-2-3

Como acaba de señalarse, el período de abastecimiento de cada uno de ellos, es de 72 horas.

Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$221.86 \frac{\text{lt}}{\text{Hr}} \times 72 \text{ Hr} = 15,974 \text{ lt}$$

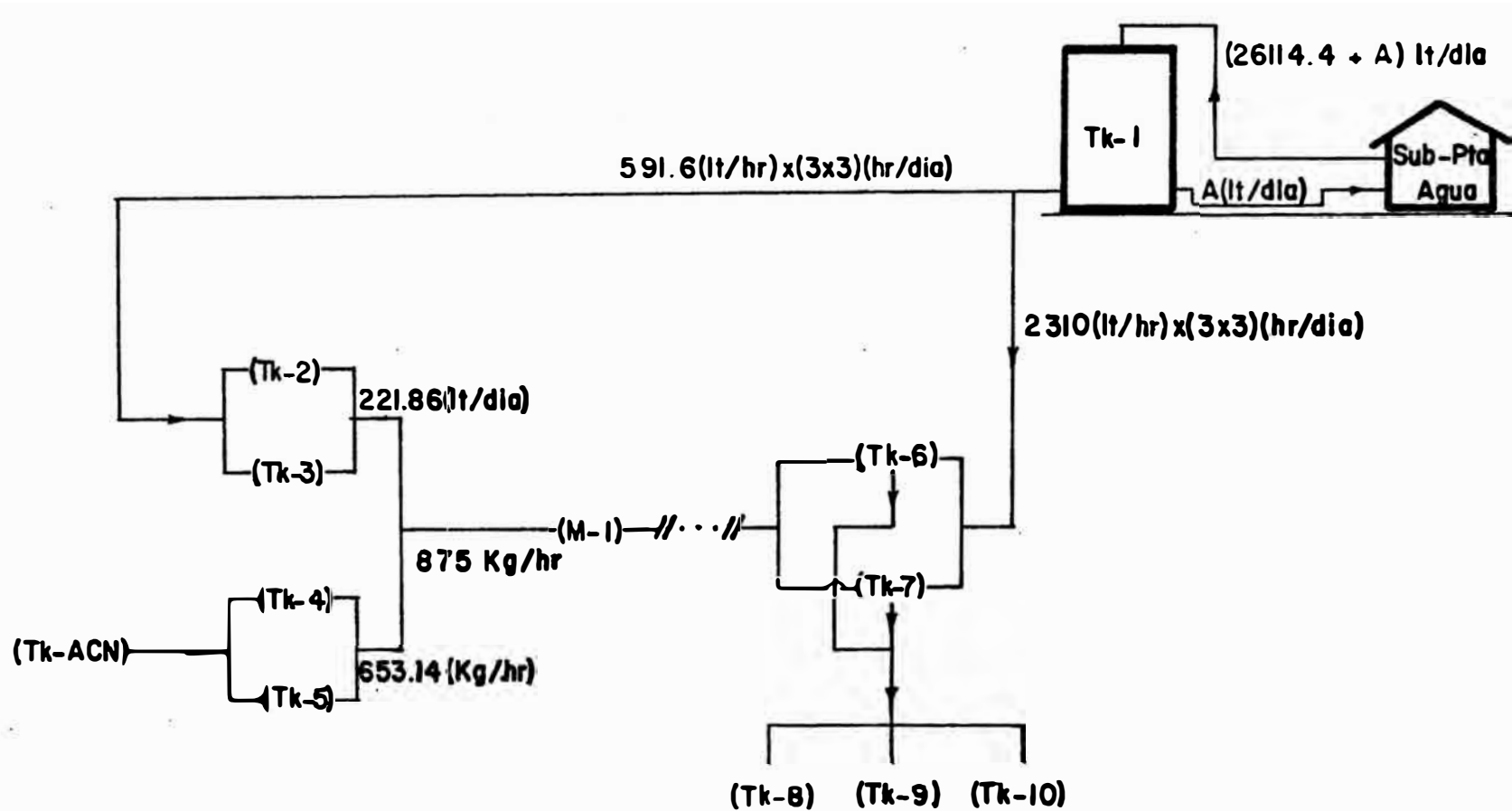


Fig.C.1: Flujos a capacidad plena de la planta para el diseño de tanques de almacenamiento

Capacidad de diseño:

$$\frac{15,974}{0.75} = 21,298.7 \text{ lt} = 5,627 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido):

$$2.5 \text{ Mt}$$

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 4.91 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(21,298.7/1000) / 4.91 = 4.33 \text{ Mt}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \times 4.33 \text{ Mt} = 4330 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

Espesor de pared y Peso

Mediante la Ec. (61), se calculan los espesores de pared correspondientes (Ver Cuadro C.14).

Mediante las ecuaciones (62) y (62a), se calculan los pesos correspondientes (Ver cuadro C.15).

2. Tanque de agua desionizada Tk-1

Como acaba de señalarse, este tanque se calcula para un abastecimiento de 3 días

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$26,114.4 \frac{\text{lt}}{\text{día}} \times 3 \text{ días} = 78,343.2 \text{ lt.}$$

CUADRO C. 14

	Tk-1	Tk-2-3
$P_h \left(\frac{Kg}{mm^2} \right)$	0.00830	0.00433
D (mm)	4,000	2,500
e_{cal} (mm)	2.650	0.8600
e_{corr} (mm)	0.525	0.7275
e_d (mm)	3.175	1.5875

CUADRO C. 15

	Tk-1	Tk-2-3
H (pulg)	326.77	170.47
D (pulg)	156.48	98.40
P_h (psig)	11.81	6.16
E	33617.44	3856.10
W (Kg)	13610.00	3547.00

Capacidad de diseño:

$$\frac{78,343.2}{0.75} = 104,457.6 \text{ lt} = 27598 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido)

4 Mt

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 12.57 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(104,457.6/1000) / 12.57 = 8.3 \text{ Mt.}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \times 8.3 \text{ Mt} = 8300 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

- Espesor de pared y Peso

Ver Cuadros C. 14 y C.15, respectivamente.

d. Tanque del Inhibidor de Polimerización

Se recomienda 4 lb $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ por cada 1000 Gal. de solución ACM 50 %, ó 25 - 30 ppm de ión cúprico basado en el monómero [15-p(8)]

M (SO_4^{\equiv})	:	96.0
M (Cu^{++})	:	63.5
M ($5\text{H}_2\text{O}$)	:	90.0
M ($\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)	:	249.5

Entonces,

$$\frac{63.5}{249.5} = 0.2545 \frac{\text{gr Cu}^{++}}{\text{gr SO}_4\text{Cu}.5\text{H}_2\text{O}}$$

Además,

$$\frac{4 \text{ lb SO}_4\text{Cu}.5\text{H}_2\text{O}}{1000 \text{ Gal. ACM-50}} = \frac{1,816 \text{ gr SO}_4\text{Cu}.5\text{H}_2\text{O}}{3,940 \text{ Kg ACM - 50}}$$

$$0.000922 \frac{\text{gr SO}_4\text{Cu}.5\text{H}_2\text{O}}{\text{gr ACM pura}} , 0$$

$$0.000922 \times 0.2545 = 0.000235 \frac{\text{gr Cu}^{++}}{\text{gr ACM pura}}$$

Si el contenido máximo permitido de solución ACM 50 % en los 3 tanques de almacenamiento del producto (Tk-8-9-10), es

$$3 \times (160,578 \text{ lt} \times 1.041 \frac{\text{Kg}}{\text{lt}}) = 501,485 \text{ Kg}$$

entonces, estarán presentes

$$501,485 \times 0.5 = 250,742.5 \text{ Kg ACM pura}$$

requiriéndose

$$250,742.5 \times 0.000235 = 58.92 \text{ Kg Cu}^{++}$$

o,

$$231,53 \text{ Kg SO}_4\text{Cu}.5\text{H}_2\text{O}$$

en caso de la iniciación accidental de la polimerización de la solución ACM-50 en ellos.

Si consideramos que el "Quenching" eleva los niveles máximos previstos de los tanques Tk-8-9-10, en un 22.5% lo que significa ocupar el 90 % del volumen vacío de a aquellos; entonces, el volumen requerido de una solución de $\text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, sería:

$$3 \times (214,104 - 160,578) \times 0.9 \\ = 144,520.2 \text{ lt}$$

Volumen éste en el que estarán contenidos los 58,92 Kg Cu^{++} requeridos.

Consecuentemente, la concentración de la solución de inhibidor, será:

$$\frac{231.53 \text{ Kg } \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{249.50 \text{ Kg } \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \times 1000 \frac{\text{mol}}{\text{Kg-mol}} \\ \frac{\text{Kg } \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Kg-mol } \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O}} \\ \hline 144,520.2 \text{ lt.} \\ = 0.0064 \text{ M}$$

Se asume que el volumen trasvasado del tanque Tk-11 a los tanques Tk-8-9-10, constituirían las 4/5 partes de la Capacidad Máxima de Líquido del primero. O sea, la Capacidad Máxima de Líquido del tanque Tk-11, es:

$$\frac{144,520.2}{4/5} \text{ lt} = 180,650.25 \text{ litros de solución} \\ \text{de } \text{SO}_4\text{Cu} \cdot 5\text{H}_2\text{O} (0.0064\text{M}).$$

A continuación se efectúa el cálculo del tanque Tk-11. En el cuadro 6.9 se muestran sus especificaciones.

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$180,650.25 \text{ lt.}$$

Capacidad de diseño:

$$\frac{180,650.25}{0.9} = 200,722.5 \text{ lt} = 53,031 \text{ Gal}$$

Diámetro (asumido):

$$6 \text{ Mt}$$

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 28.27 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$(200,722.5/1000) / 28.27 = 7.1 \text{ Mt}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \times 7.1 \text{ Mt} = 7100 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

- Espesor de pared

Mediante la Ec.(61), se calcula el espesor de pared correspondiente (Ver cuadro C.16)

- Peso

Con las ecuaciones (62) y (62a), se calcula el peso (ver cuadro C.17).

CUADRO C. 16

	Tk-11
$P_h \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$	0.00710
D (mm)	6,000
e_{cal} (mm)	3.38
e_{corr} (mm)	2.97
e_d (mm)	6.35

CUADRO C. 17

	Tk-11
H (pulg)	279.5
D (pulg)	236.2
P_h (psig)	10.1
E	74809.8
W (kg)	22,366.0

C-4-.2 Sistema de Mezcla por agitación

En la figura C.2, se esquematiza el prototipo del tanque mezclador a utilizar.

Este, se diseña para la capacidad total de la planta.

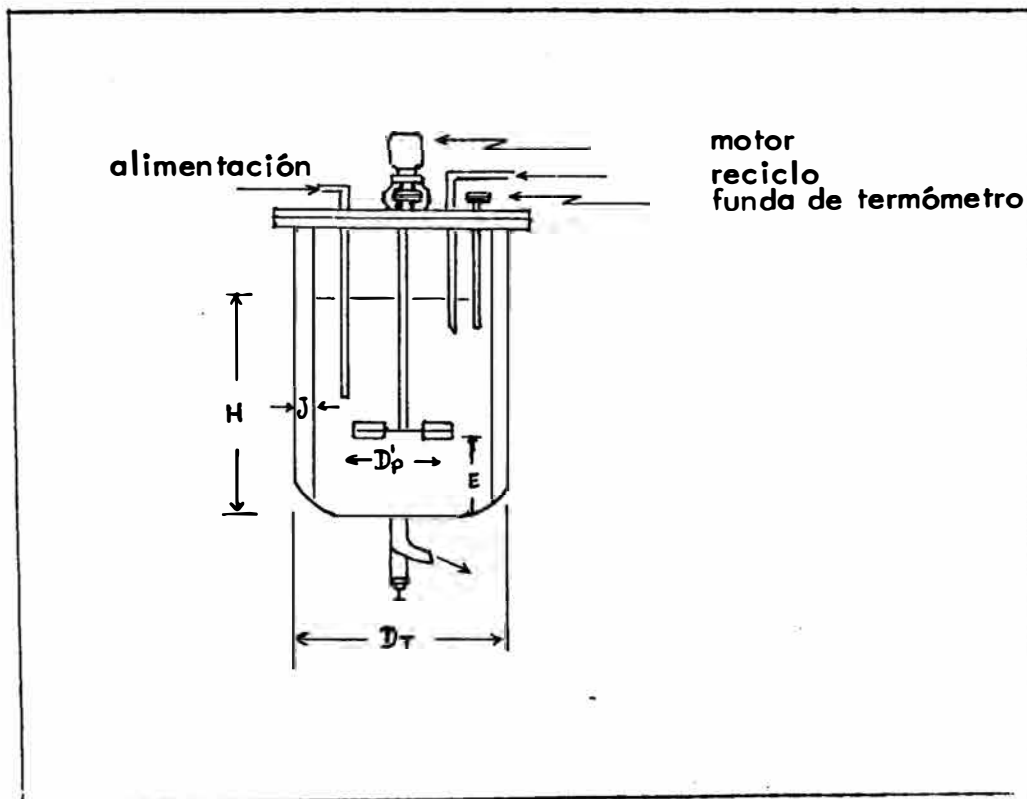


Fig. C.2: Prototipo del Tanque Mezclador a utilizar.

CUADRO C. 18

Especie	Flujo másico Kg/Hr		ρ (gr/cc)	μ (cP)
	Alimentación	Reciclo		
ACM+ECH	-	127.90	1.113	5
ACN	653.14	52.23	0.780	0.4
H ₂ O	221.86	17.30	0.991	0.675
Mezcla	1,072.45		0.874	1.000

Se considera un paso de hélice 2:1, y los siguientes factores de forma:

$$S_1 = D_T/D_p' = 3.3$$

$$S_2 = E/D_p' = 1$$

$$S_3 = J/D_T = 0.1$$

$$S_4 = H/D_T = 1$$

A continuación se procede a calcular el Tanque Mezclador Piloto, para luego determinar el Mezclador real.

1. Tanque Mezclador Piloto

Flujo volumétrico:

$$\frac{1072.45 \text{ Kg/Hr}}{0.874 \text{ Kg/lit}} = 1,227 \frac{\text{lit}}{\text{Hr}} = 0.341 \frac{\text{lit}}{\text{seg}}$$

Capacidad máxima de líquido:

$$\left(\frac{0.341}{28.32}\right) \frac{\text{ft}^3}{\text{seg}} \times \Theta_p = \frac{\pi}{4} \times D_T^2 \times H$$

Considerando que $H = D_T$ y $E = D_p'$, resulta:

$$D_T = H \cdot 0.248 (\theta_p)^{1/3} \dots\dots\dots (63)$$

$$E = D_p' = 0.0752 (\theta_p)^{1/3} \dots\dots\dots (64)$$

Número Reynolds:

$$Re = \frac{\rho \cdot N_p \cdot (D_p')^2}{\mu} \dots\dots\dots (65)$$

de la Ec. (64),

$$Re = 453.8 \times N_p (\theta_p)^{2/3} \dots\dots\dots (65a)$$

o,

$$(\theta_p)^{8/6} \times N_p^2 = \frac{Re^2}{210492.7} \dots\dots\dots (65b)$$

Se define al Factor de Tiempo de Meacla (f_p'), para un rodete tipo hélice, según la siguiente ecuación [52]:

$$f_p' = \frac{\theta_p \cdot [N_p \cdot (D_p')^2]^{1/3} \cdot g^{1/6}}{H^{1/2} \cdot D_T} \dots\dots\dots (66)$$

resolviendo,

$$(\theta_p)^{17/18} = 2.186 \times \frac{f_p'}{(N_p)^{2/3}} \dots\dots\dots (66a)$$

o,

$$(\theta_p)^{17/6} \cdot N_p^2 = 10.45 (f_p')^3 \dots\dots\dots (66b)$$

De las ecuaciones (65b) y (66b), resulta:

$$(\theta_p)^{3/2} = 2199648.7 \times \frac{(f_p')^3}{Re^2} \dots\dots\dots (67)$$

o,

$$(\theta_p) = 16913.6 \times \frac{(f_p')^2}{(Re)^{4/3}} \dots\dots\dots (67a)$$

Mediante las ecuaciones (63), (65a), y (67a), se confecciona el cuadro C. 19. En dicho cuadro se observa lo siguiente:

- Para Números de Reynolds mayores que 5×10^4 , el requerimiento de potencia sería tan grande que podría no comunicarse a un líquido poco viscoso en un tanque agitado. Más aún, se requeriría sobrepasar el límite de velocidad del rodete tipo hélice.
- Para números de Reynolds menores que 3×10^4 , resulta una potencia relativamente pequeña para un tanque de agitación en el que se han instalado placas de flectoras, corriéndose el riesgo de quemar el motor que se utilice para accionar el mezclador.
- Para un Número de Reynolds igual a 4×10^4 , el requerimiento de potencia por cada 4000 lt de líquido agitado se encuentra dentro de los límites normales.

Resulta pues más conveniente, las condiciones de mezcla con las que resulta un Número Reynolds igual a 4×10^4 .

CUADRO C. 19

Re	f' _p (a)	θ _p (seg)	N _p (rps)	D _{T=H} (ft)	D' _{p=E} (ft)	Potencia (CV) ^(b)		
						Tanq. Piloto	Por Litro	4000 lt.
10 ³	230	24.9 Hr	0.0011	11.10	3.400	-	-	-
10 ⁴	35	96.20	1.0400	1.136	0.344	1.68 × 10 ⁻⁵	5.00 × 10 ⁻⁷	2 × 10 ⁻³
2 × 10 ⁴	30	28.05	4.7230	0.753	0.228	2.00 × 10 ⁻⁴	2.10 × 10 ⁻⁵	0.084
3 × 10 ⁴	28	14.23	11.1400	0.600	0.182	8.20 × 10 ⁻⁴	1.70 × 10 ⁻⁴	0.684
4 × 10 ⁴	27	9.01	20.1300	0.516	0.156	2.40 × 10 ⁻³	7.90 × 10 ⁻⁴	3.160
5 × 10 ⁴	25	5.74	34.000	0.444	0.135	5.37 × 10 ⁻³	2.75 × 10 ⁻³	11.000

(a): $f'_p = \text{Función (Re)}$, [52-gráfico para agitadores de hélice]

$$(b): P'(CV) = \frac{\phi \cdot N_p^3 \cdot (D'_p)^5 \cdot \rho}{75 \cdot (gc)} \dots\dots\dots (68)$$

$\phi = \text{Función (Re)}$, [50-gráfico (9-15(A))]

2. Escalamiento

Para el escalamiento, se considera que con un Número de Reynolds mayor que 10^4 ,

$$f'_{p1} = f'_{p2}$$

[52-gráfico para agitadores tipo hélice.] De la definición del factor de tiempo de mezcla (f'_p), para un ro dete tipo hélice, se obtiene:

$$\frac{N_{p2}}{N_{p1}} = \left[\frac{D'_{p2}}{D'_{p1}} \right]^{1/4} = \left[\frac{\theta_{p1}}{\theta_{p2}} \right]^{3/2} \dots (69)$$

se presentan dos casos:

- Iguales tiempos de mezcla ($\theta_{p1} = \theta_{p2}$)

- Misma potencia por unidad de volumen entre el tanque real y el tanque piloto.

En tanques geoméricamente semejantes, la potencia que se comunica por unidad de volumen, es proporcional a $P' / (D'_p)^3$.

Para números Reynolds elevados, mayores que 10^4 ;

$$\frac{P'}{(D'_p)^3} = \frac{\phi \cdot N_p^3 \cdot (D'_p)^2 \cdot \rho}{75 (gc)} = K \cdot N_p^3 \cdot (D'_p)^2 \dots (70)$$

En el caso de que $\theta_{p1} = \theta_{p2}$, de la Ec. (69) resulta:

$$\frac{N_{p2}}{N_{p1}} = \left[\frac{D'_{p2}}{D'_{p1}} \right]^{1/4} \dots (71)$$

Por lo tanto, de las ecuaciones (70) y (71), resulta:

$$\frac{P_2' / (D_{p2}')^3}{P_1' / (D_{p1}')^3} = \left[\frac{N_{p2}}{N_{p1}} \right]^3 \cdot \left[\frac{D_{p2}'}{D_{p1}'} \right]^2 = \left[\frac{D_{p2}'}{D_{p1}'} \right]^{11/4}$$

..... (72)

En cambio, en el caso de que

$$P_2' / (D_{p2}')^3 = P_1' / (D_{p1}')^3, \text{ de la Ec. (70)}$$

resulta:

$$\frac{N_{p2}}{N_{p1}} = \left[\frac{D_{p1}'}{D_{p2}'} \right]^{2/3} \dots\dots\dots (73)$$

Por lo tanto, en la Ec. (69):

$$\frac{\theta_{p2}}{\theta_{p1}} = \left| \frac{D_{p2}'}{D_{p1}'} \right|^{11/18} \dots\dots\dots (74)$$

3. Tanque Mezclador (M-1)

Se asume un tanque de 4 ft de diámetro:

$$DT_2 = 4 \text{ ft} = 120 \text{ cm}$$

Si $\theta_{p1} = \theta_{p2}$, entonces, de la Ec. (72):

$$\frac{P_2' / (D_{p2}')^3}{P_1' / (D_{p1}')^3} = \frac{120^{11/4}}{15.73} = 268$$

La potencia por unidad de volumen, que sería preciso comunicar al tanque 4 ft de diámetro, es, por lo tanto

$$3.16 \times 268 = 845 \text{ CV}$$

por cada 4000 lt. Dicho valor no es razonable para un

líquido agitado poco viscoso.

Por el contrario, si la potencia que se ha de suministrar por unidad de volumen, es la misma en los dos tanques, entonces:

$$\frac{\theta_{p2}}{\theta_{p1}} = \left[\frac{D'_{p2}}{D'_{p1}} \right]^{11/18} = \left(\frac{120}{15.73} \right)^{11/18} = 3.46$$

$$\theta_{p2} = 3.46 \times 9.01 = 31.2 \text{ seg}$$

Resulta pues apropiado un aumento moderado de tiempo de mezcla en el tanque de mayor tamaño, para evitar un consumo anormal de potencia.

Puesto que $N_{p2} / N_{p1} = (D'_{p1} / D'_{p2})^{2/3}$,

entonces,

$$N_{p2} = 20.13 \left(\frac{15.73}{120} \right)^{2/3} = 5.2 \text{ rps} = 312 \text{ rpm}$$

A continuación, se determinan las especificaciones complementarias del tanque (M-1);

- Dimensiones

Capacidad máxima de líquido:

$$\frac{\pi}{4} \times (4 \times 0.3048)^3 = 1.357 \text{ Mt}^3$$

Capacidad de diseño:

$$1.357 / 0.85 = 1.597 \text{ Mt}^3$$

Volumen equivalente:

$$\pi \cdot (D/2)^2 = 1.131 \text{ Mt}^3/\text{Mt altura}$$

Altura:

$$1.597 / 1.131 = 1.43 \text{ Mt} = 4.7 \text{ ft}$$

- Presión hidrostática

$$P_h = 874 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^3} \times 1.43 \text{ Mt} = 1252 \frac{\text{Kg}}{\text{Mt}^2}$$

- Espesor de pared

Mediante la Ec. (61), se calcula el espesor de pared correspondiente (ver cuadro C. 20).

- Peso

Con las ecuaciones (62) y (62a), se calcula el peso (ver cuadro C. 21).

CUADRO C. 20

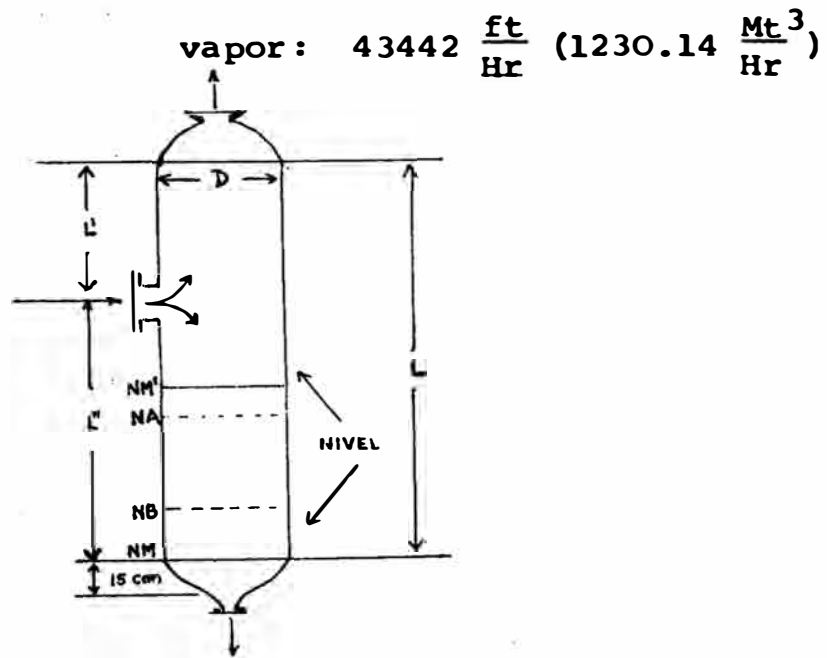
M-1	
$P_h \left(\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2} \right)$	0.001252
D (mm)	1,200
e_{cal} (mm)	0.120
e_{corr} (mm)	1.470
e_d (mm)	1.588

CUADRO C.21

M-1	
H (pulg)	56.40
D (pulg)	48.00
P_h (psig)	1.78
E	110
W (Kg)	390

C-4-.3 Sistema de Separación Líquido - Vapor

En la figura C.3, se esquematiza el prototipo de recipiente de separación a utilizar se.



Líquido: $0.2453 \frac{\text{ft}^3}{\text{Min}}$

Fig. C.3: Prototipo del recipiente de separación a utilizar

CUADRO C. 22

Especie	Alimentación (lb/Hr)	Vapor (lb/Hr)	Líquido (lb/Hr)	Yi
ACN	60.0	57.46	2.53	0.263
H ₂ O	20.4	19.04	1.35	0.257
ACM	1084.8	127.15	957.66	0.434
ECH	14.5	13.56	0.96	0.046
TOTAL	1179.7	217.21	962.50	1.000

$$\rho_1 = 65.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$M = (M_i \cdot Y_i) = 52.6$$

$$P = 37.4 \text{ mmHg} = 0.723 \text{ psia}$$

$$T = 398^\circ\text{K} = 717^\circ\text{R}$$

$$\rho_v = P \cdot M / R \cdot T$$

$$= \frac{0.723 \times 52.6}{10.71 \times 717} = 0.005 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Puesto que la presión de operación del recipiente es menor que 7 Kg/cm², entonces:

$$2 < \frac{L'}{D} < 3 \dots\dots\dots (75)$$

Siendo el tiempo de residencia líquido (θ_1)

$$\theta_1 = 5 + 10 + 5 = 20 \text{ min.}$$

entonces, el volumen líquido retenido (Holup), será:

$$V = \theta_1 \cdot Q = 20 \times 0.2453 = 4.91 \text{ ft}^3 \\ = 0.139 \text{ Mt}^3$$

Pero,

$$V = \left(\frac{\pi}{4} \cdot D^2\right) \times (L'' - 0.45) = 0.139 \dots\dots (76)$$

$$L'' = \frac{1 + 2.54 \times D^2}{5.65 \times D^2} \dots\dots\dots (76a)$$

El espacio por encima de la entrada de la alimentación, debe ser suficiente para que las gotitas líquidas tengan tiempo de depositarse. La velocidad de vapor en esta sección, llamada "velocidad crítica de arrastre" (v_c), viene dada por la siguiente fórmula empírica:

$$v_c = 4.7 (C) \sqrt{\frac{\rho_l - \rho_v}{v}} \text{ (cm/seg) } \dots (77)$$

Para recipientes verticales,

$$C = 1$$

entonces,

$$v_c = 4.7 \times \sqrt{\frac{65.4 - 0.005}{0.005}} = 5.375 \frac{\text{cm}}{\text{seg}} \\ = 19350 \frac{\text{Mt}}{\text{Hr}}$$

Esta velocidad crítica impone el diámetro:

$$A \cdot v_c = Q_v \dots\dots\dots (78)$$

$$A = \frac{1230.14 \text{ Mt}^3/\text{Hr}}{19350 \text{ Mt}/\text{Hr}} = 0.0636 \text{ Mt}^2$$

$$A = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \times A}{\pi}} = 0.2845 \text{ Mt} = 0.93 \text{ ft}$$

De la Ec. (76a).

$$L'' = \frac{1 + 2.54 \times 0.28452}{5.65 \times 0.28452} = 2.64 \text{ Mt} = 8.66 \text{ ft}$$

De la Ec. (75),

$$2 \times D < L' < 3 \times D$$

$$0.57 \text{ Mt} < L' < 0.85 \text{ Mt}$$

Se asume,

$$L' = 0.713 \text{ Mt} = 2.34 \text{ ft}$$

Así,

$$L = 11 \text{ ft}$$

Puesto que la altura de cada casquete semiesférico, es 1/2 ft; entonces, la altura total del recipiente es:

$$H = 12 \text{ ft}$$

Para determinar el espesor de pared del recipiente, y el peso del mismo, utilizar las ecuaciones (61) y (62), respectivamente.

En el cuadro 6.11, se muestran las especificaciones correspondientes.

C.4.4 Sistema de Intercambio Iónico para la Desmineralización de Agua

El volumen de resina, viene dada por la siguiente ecuación:

$$v = \frac{(\text{caudal volumétrico agua}) (\text{dureza total})}{\text{capacidad operación resina}} \dots\dots\dots (79)$$

Dureza total (D_T):

$$1 \text{ grano} = \frac{1}{7000} \text{ lb} = 0.0648 \text{ gr}$$

$$1 \text{ galón} = 3785 \text{ gramos agua}$$

$$1 \frac{\text{grano}}{\text{galón}} = 0.00171 \% = 17.1 \text{ ppm}$$

$$D_T = 400 \text{ ppm} = \frac{400}{17.1} = 23.4 \frac{\text{granos}}{\text{galón}}$$

Caudal volumétrico de agua (Q)

$$Q = Q_1 + Q_2$$

Q_1 = agua requerida para el proceso

$$= 6,900 \frac{\text{Gal}}{\text{día}} \text{ (tanques Tk-1-2-6-7)}$$

Q_2 = agua desmineralizada requerida para el enjuague y contralavado de las resinas. El cálculo se efectúa según los requerimientos de agua para el enjuague y contralavado, consignados en el cuadro 6.12, y condensados en el cuadro C.23 siguiente.

CUADRO C. 23

Requerimiento agua	Resina		Total Gal/ft ³
	catiónica	aniónica	
Enjuague	50.0	75.0	125
Contralavado	7.5	7.5	15
T o t a l	57.5	82.5	140

Consecuentemente,

$$Q_2 = 140 \times V$$

Por lo tanto,

$$Q = 6900 + 140 \times V \dots\dots\dots (80)$$

De la Ec. (79):

$$V_{c^+} = \frac{(6900 + 140 V) \times 23.4}{30,000} \dots\dots (81)$$

o,

$$V = \frac{\frac{V_{c^+}}{0.00078} - 6900}{140} \dots\dots\dots (81a)$$

De la Ec. (79):

$$V_{a^-} = \frac{(6900 + 140 V) \times 23.4}{22,500} \dots\dots\dots (82)$$

De (81) y (82):

$$\frac{V_{c^+}}{V_{a^-}} = 0.75 \dots\dots\dots (83)$$

Además:

$$57.5(V_{c+}) + 82.5(V_{a-}) = 140 V \dots\dots (84)$$

Resolviendo adecuadamente las ecuaciones anteriores, se obtiene:

$$V_{c+} = 6.19 \text{ ft}^3 \text{ resina}$$

$$V_{a-} = 8.25 \text{ ft}^3 \text{ resina}$$

$$V = 7.41 \text{ ft}^3$$

$$Q_2 = 1036.7 \text{ Gal/día}$$

De la figura C.1, puede identificarse

$$A = Q_2 = 1036.7 \text{ Gal/día}$$

Se puede confeccionar el cuadro siguiente:

CUADRO C. 24

Requerimiento diario de agua desionizada
para enjuague y contralavado

Agua desionizada	Resina		Total (Gal/día)
	catiónica	aniónica	
Enjuague	309.5	618.75	928.25
Contralavado	46.5	61.90	108.40
T o t a	356.0	680.65	1036.70

Cálculo del recipiente

Altura de lecho (asumido):

$$H_1 = 2.9 \text{ ft (88.4 cm)}$$

Diámetro del recipiente:

$$D = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi \times H_1}} \dots\dots\dots (85)$$

$$D_{c+} = 1.65 \text{ ft}$$

$$D_{a-} = 1.90 \text{ ft}$$

Expansión del lecho en contralavado:

70 % (R. catiónica)

64.7 % (R. aniónica)

Altura de la cámara de expansión:

$$\frac{70}{100} \times H = 2 \text{ ft (C. catiónica)}$$

$$\frac{64.70}{100} \times H = 1.875 \text{ ft (C. aniónica)}$$

Altura de los cabezales elípticos:

0.4125 ft (Recip. Catiónico)

0.4750 ft (Recip. Aniónico)

Altura total del recipiente:

$$H_{c+} = 2.9 + 2 + 2 \times 0.4125 = 5.725 \text{ ft}$$

$$H_{a-} = 2.9 + 1.875 + 2 \times 0.475 = 5.725 \text{ ft}$$

Caída de Presión

Tiempo de absorción, o de ciclo:

$$7.63 \text{ Hr} = 457.8 \text{ min}$$

Caudal volumétrico total:

$$7,936.7 \frac{\text{Gal}}{\text{ciclo}} = 17.40 \text{ GPM}$$

Caudal volumétrico por ft² de sección:

$$8.14 \frac{\text{GPM}}{\text{ft}^2} \text{ (Rec. Catiónico)}$$

$$5.14 \frac{\text{GPM}}{\text{ft}^2} \text{ (Rec. Aniónico)}$$

Caída de presión por pie de lecho:

$$\frac{-\Delta P_{c+}}{H_I} = 0.6 \frac{\text{psig}}{\text{ft}} \text{ (fig 6.8)}$$

$$\frac{-\Delta P_{a-}}{H_I} = 0.45 \frac{\text{psig}}{\text{ft}} \text{ (fig. 6.9)}$$

Por lo tanto:

$$-\Delta P_{c+} = 0.6 \times 2.9 = 1.75 \text{ psig}$$

$$-\Delta P_{a-} = 0.45 \times 2.9 = 1.30 \text{ psig}$$

En el cuadro C.25, se muestran las especificaciones de los recipientes de intercambio iónico, complementario a las proporcionadas en el cuadro 6.13.

CUADRO C. 25

Especificaciones de los recipientes de intercambio iónico

Especificación	Rec.Catiónico	Rec.Aniónico
Diámetro (ft)	1.650	1.900
Altura de cámara de expansión (ft)	2	1.875
Altura de cabezales (ft)	0.4125	0.475
Tipo de cabezales	Elípticos	Elípticos
Altura total (ft)	5.725	5.725
- ΔP (psig)	1.750	1.300
Material: Ac. Inox.	304	304

C 4.5 Sistemas de Transferencia de Calor

a. Diseño de Intercambiador Tubular (I-1)

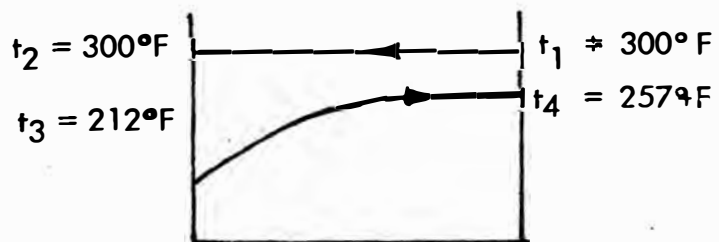
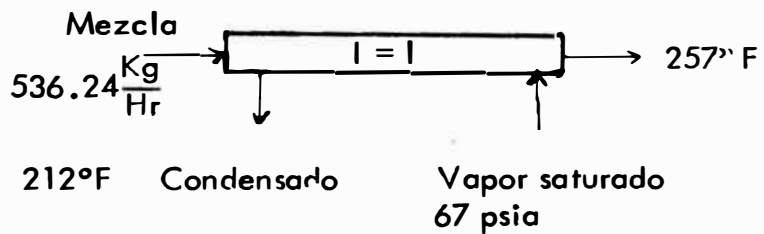
Esta unidad tiene por objeto acondicionar la mezcla líquida, proveniente de la unidad (R-2), a la temperatura de operación de (F-1). El calentamiento de dicha mezcla se realiza mediante vapor saturado de 67 psia y 300°F.

Puesto que los coeficientes de película asociados con la condensación de vapor, son muy altos, éstos nunca son la película controlante. Por lo general,

se adopta un valor conservador convencional para el coeficiente de transferencia de calor, para todo servicio de calentamiento que emplee vapor de agua, de 1500 BTU/Hr-ft²-°F para la condensación de vapor.

Así,

$$h_i = h_o = h_{io} = 1500 [49-p(201)]$$



$$\bar{V}_v = 6.471 \text{ ft}^3/\text{lb}$$

$$\lambda_v = H_v - H_1 = 910 \text{ BTU/lb}$$

$$\bar{\mu}_v = 0.0142 \text{ cP}$$

$$\bar{t}_{\text{mezcla}} = \frac{257 + 212}{2} = 234.5^\circ\text{F}$$

$$\bar{c}_p_{\text{mezcla}} = 0.48 \text{ BTU/lb-}^\circ\text{F}$$

$$q_1 = (m \cdot \bar{c}_p)_{\text{mezcla}} \times \Delta t$$

$$= (536.24 \times 2.2) \times 0.48 (257 - 212)$$

$$q_1 = 25,482 \text{ BTU/Hr}$$

$$q_2 = \lambda_v \cdot m_v = q_1$$

$$m_v = \frac{25,482}{910.1} = 28 \text{ lb/Hr}$$

$$\text{MLDT} = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln(\Delta t_1/\Delta t_2)} = 62.8^\circ\text{F}$$

No hay flujo viscoso en la terminal fría (la viscosidad de la mezcla es ligeramente mayor a 1 cP; mientras que, la correspondiente al condensado es menor que 1 cP). Además, el rango de temperatura y la diferencia de temperaturas, son moderadas.

De acuerdo con esto, los coeficientes pueden evaluarse de las propiedades a la media aritmética de temperatu-

ra, pudiéndose suponer el valor de

$$(\bar{\mu} / \bar{\mu}_w)^{0.14} = 1$$

Así,

$$\bar{t}_{\text{mezcla}} = 234.5^\circ\text{F}$$

$$\bar{t}_{\text{H}_2\text{O}} = 300^\circ\text{F}$$

Cálculo de los coeficientes de Transferencia

Se considera un Intercambiador IPS 2"x1 1/4", con las siguientes características [49 p(141)] :

Area de flujo (pulg.²)		Diámetro equiv. (pulg)	
anulo	tubo	De	De'
1.19	1.50	0.915	0.40

De acuerdo al área de flujo que ofrecen tanto el ánulo como el tubo del intercambiador considerado, la mezcla líquida debería transcurrir por el tubo. Sin embargo, es recomendable, desde el punto de vista del efecto corosivo del condensado, que el vapor de agua transcu - rra en el tubo, por lo que la mezcla líquida transcu - rrirá por el ánulo.

Anulo

Area de flujo (aa) :

$$D_2 = 2.067 / 12 = 0.1725 \text{ ft}$$

$$D_1 = 1.66 / 12 = 0.1380 \text{ ft}$$

$$a_a = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = 0.00826 \text{ ft}^2$$

$$\begin{aligned} De &= (D_2^2 - D_1^2) D_1 \\ &= 0.0762 \text{ ft} = 0.915 \text{ pulg} \end{aligned}$$

Velocidad de masa (G_a):

$$G_a = \frac{W}{a_a} = \frac{536.24 \times 2.2}{0.00826}$$

$$G_a = 142,821 \text{ lb/Hr-ft}^2$$

A $\bar{t}_{mezcla} = 234. \text{ t}^\circ\text{F}.$

$$\bar{\mu}_{mezcla} = 1 \text{ cP} = 2.42 \frac{\text{lb}}{\text{ft-Hr}}$$

Número Reynolds:

$$\begin{aligned} Re_a &= \frac{De \cdot G_a}{\bar{\mu}} = \frac{0.0762 \times 142,821}{2.42} \\ &= 4,500 \end{aligned}$$

Factor de Colburn:

$$J_H = 18 \quad [49\text{-fig (24)}]$$

Número de Prandtl:

$$\left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]_{mezcla} \cong \left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]_{ACM} = 0.016 e^{3082.5/T}$$

$$\left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]_{mezcla}^{1/3} = 3.6$$

Además,

$$\bar{k}_{mezcla} = 0.025 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 \cdot \left(\frac{^\circ\text{F}}{\text{ft}}\right)}$$

$$h_o = J_H \cdot \frac{\bar{k}}{D_e} \left(\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\bar{\mu}}{\mu_w} \right)^{0.14}$$

$$h_o = 18 \times \frac{0.025}{0.0762} \times 3.6 \times 1 = 21.3 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Tubo

Condensación de vapor agua:

$$h_{io} = 1500 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Coefficiente total limpio (U_c):

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{1500 \times 21.3}{1500 + 21.3} = 21 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}$$

Coefficiente de diseño (U_d):

$$U_d = \frac{U_c}{1 + R_d \times U_c}$$

$$R_d = 0.003 \frac{\text{Hr-ft}^2 \cdot ^\circ\text{F}}{\text{BTU}}$$

$$U_d = \frac{21}{1 + 0.003 \times 21} = 19.75$$

Cálculo del Area de transferencia y del Número de Horquillas

Area de transferencia calculada (A):

$$\Delta = \frac{Q}{U_d \times \Delta t} = \frac{25,482}{19.75 \times 62.8} = 20.4 \text{ ft}^2$$

Longitud de tubo (L):

$$L = \frac{20.5 \text{ ft}^2}{0.435 \text{ (ft}^2/\text{ft lineal)}} = 47.13 \text{ ft}$$

Por lo tanto, se requieren conectar 2 horquillas de 12 ft, en serie. O sea, 48 ft lineales de tubo.

Area de transferencia de diseño (A_d):

$$A_a = 48 \times 0.435 = 20.88 \text{ ft}^2$$

Consecuentemente, el factor de obstrucción será mayor que el requerido:

$$U_d = \frac{25,482}{20.88 \times 62.8} = 19.4 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

$$R_d = \frac{21 - 19.4}{21 \times 19.4} = 0.0038 \frac{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}{\text{BTU}}$$

El intercambiador de calor tipo doble tubo, es satisfactorio puesto que la superficie de transferencia requerida, es relativamente pequeña y menor a 100ft².

Caída de presión

Tubo

$$DI = 1.38 \text{ pulg} = 0.115 \text{ ft}$$

$$a_t = 1.50 \text{ pulg}^2 = 0.01042 \text{ ft}^2$$

$$G_t = \frac{W}{a_t} = \frac{28}{0.01042} = 2,687 \text{ lb/Hr-ft}^2$$

$$\bar{\mu}_v = 0.0142 \text{ cP} = 0.0344 \text{ lb/ft-Hr}$$

$$Re_t = \frac{DI \times G_t}{\bar{\mu}_v} = \frac{0.115 \times 2687}{0.0344} = 8,983$$

$$\rho_v = 1/\bar{V}_v = 0.1545 \text{ lb/ft}^3$$

Para tubos de hierro y acero comerciales, el factor de fricción viene correlacionado por la siguiente expresión [49-Ec. (3.47b)] :

$$f = 0.0035 + \frac{0.264}{Re_t^{0.42}} = 0.00927$$

$$\Delta F_t = \frac{4 \cdot f \cdot G_t^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot \rho_v^2 \cdot DI} , [49-Ec. (3.44)]$$

$$g = 4.18 \times 10^8 \text{ ft/Hr}^2$$

$$\Delta F_t = \frac{4 \times 0.00927 \times 2,687^2 \times 48}{2 \times 4.18 \times 10^8 \times 0.1545^2 \times 0.115}$$

$$= 5.6 \text{ ft líquido}$$

$$\Delta P_t = \frac{\Delta F_t \times \rho_v}{144} = \frac{5.6 \times 0.1545}{144}$$

$$= 0.006 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\Delta P_t \text{ (permitida)} < 1 \text{ psi}$$

Anulo

$$D_e' = D_2 - D_1 = 0.1725 - 0.138 = 0.0345 \text{ ft}$$

$$Re'_a = \frac{De \cdot Ga}{\mu_m} = \frac{0.0345 \times 142,821}{2.42}$$
$$= 2,036$$

$$f = 0.0035 + \frac{0.264}{2036^{0.42}} = 0.01426$$

$$\rho_m = 1.03 \frac{Kg}{lt} = 64.38 \frac{lb}{ft^3}$$

$$\Delta F_a = \frac{4 \cdot f \cdot Ga^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot \rho^2 \cdot De} =$$
$$= \frac{4 \times 0.01426 \times 142,821^2 \times 48}{2 \times 4.18 \times 10^8 \times 64.38^2 \times 0.0345}$$

$$\Delta F_a = 0.467 \text{ ft liquido}$$

$$v_a = \frac{Ga}{3600 \times \rho_m} = \frac{142,821}{3600 \times 64.38} = 0.616 \frac{ft}{seg}$$

$$\Delta F_1 = \frac{v_a^2}{2g'} \left(\frac{ft}{horquilla} \right) \times (\text{No. horquillas})$$

$$\Delta F_1 = 2 \times \frac{0.616^2}{2 \times 32.2} = 0.0118 \text{ ft}$$

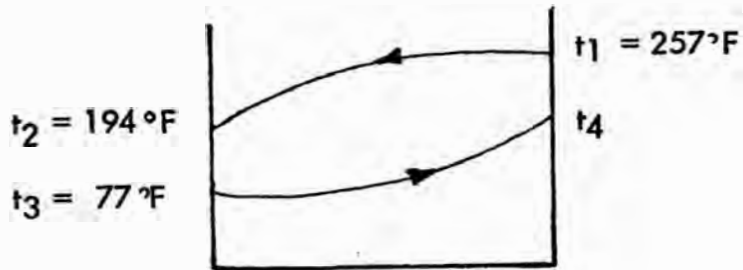
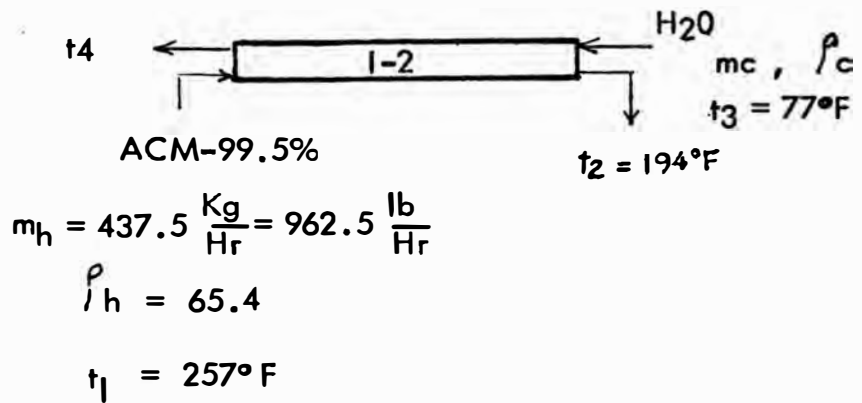
$$\Delta P_a = \frac{(0.467 + 0.0118) \times 64.38}{144}$$

$$\Delta P_a = 0.214 \text{ lb/pulg}^2$$

b. Diseño del Intercambiador Tubular (I-2)

Se considera un intercambiador de calor de tubos concéntricos de 2" x 1 1/4" IPS.

Para determinar el caudal de agua requerido y la temperatura de salida del mismo, se ha considerado una velocidad lineal que 4 ft/seg 3 ft/seg; velocidad ésta que, como práctica común, debe evitarse para el agua de enfriamiento 49-p(190) .



Area de flujo (pulg. ²)		Diámetro equiv. (pulg)	
ánulo	tubo	De	De'
1.19	1.50	0.915	0.40

Dado que el flujo mayor corresponde al agua de enfriamiento, éste transcurrirá por el tubo interior:

$$Q_c = v_t \cdot a_t = m_c \cdot (1/\rho_c)$$

$$a_t = 1.50 \text{ pulg}^2 = 0.01042 \text{ ft}^2$$

$$v_t = 4 \text{ ft/seg}$$

$$Q_c = 0.01042 \times 4 = 0.04168 \text{ ft}^3/\text{seg}$$

$$m_c = 0.04168 \times 62.4 = 2.6 \frac{\text{lb}}{\text{seg}} = 9360 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}}$$

$$G_t = \frac{m_c}{a_t} = \frac{9.360}{0.01042} = 898273 \text{ lb/ft}^2\text{-Hr}$$

Balance de calor:

$$m_c \cdot \bar{c}_{pc} \cdot (t_4 - 77) = m_h \cdot \bar{c}_{ph} \cdot (t_1 - t_2)$$

$$9360 \times 1 \times (t_4 - 77) = 962.5 \times 0.458 (257 - 194)$$

$$t_4 = 80^\circ\text{F}$$

$$\text{MLDT} = \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\text{Ln}(\Delta t_2/\Delta t_1)} = \frac{177 - 117}{\text{Ln}(177/117)}$$

$$\text{MLDT} = 145^\circ\text{F}$$

Anulo

Area de flujo (a_a):

$$D_2 = 2.067 / 12 = 0.1725 \text{ ft}$$

$$D_1 = 1.66 / 12 = 0.1380 \text{ ft}$$

$$a_a = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = 0.00826 \text{ ft}^2$$

$$De = (D_2^2 - D_1^2) / D_1 = 0.0762 \text{ ft}$$

Velocidad de masa (G_a):

$$G_a = \frac{W}{a_a} = \frac{962.5}{0.00826} = 116525.4 \frac{\text{lb}}{\text{Hr-ft}^2}$$

$$A \quad \bar{t}_h = 225.5^\circ\text{F},$$

$$\bar{\mu}_h = 1.2 \text{ cP} = 2.9 \text{ lb/Hr-ft}$$

Número Reynolds

$$Re_a = \frac{De \cdot G_a}{\bar{\mu}_h} = \frac{0.0762 \times 116525.4}{2.9}$$

$$Re_a = 3,062$$

Factor de Colburn:

$$J_H = 8.3 \text{ [49-fig. (24)]}$$

Número de Prandtl:

$$\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}_h}{\bar{k}} = 52.8$$

$$\left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}_h}{\bar{k}} \right]^{1/3} = 3.75$$

$$\bar{k} = \frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}_h}{52.8} = 0.025 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 \cdot (^\circ\text{F/ft})}$$

$$h_o = J_H \cdot \frac{\bar{k}}{De} \left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]^{1/3} \cdot (\bar{\mu} / \bar{\mu}_w)^{0.14}$$

$$h_o = 8.3 \times \frac{0.025}{0.0762} \times 3.75 \times 1 = 10.2$$

Tubo

$$D = 1.38 / 12 = 0.115 \text{ ft}$$

Area de flujo:

$$a_t = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0.01042 \text{ ft}^2$$

Velocidad de masa:

$$G_t = 898,273 \text{ lb/Hr-ft}^2$$

Además,

$$\bar{\mu}_t = 0.93 \text{ cP} = 2.25 \text{ lb/ft-Hr}$$

Número de Reynolds:

$$Re_t = \frac{0.115 \times 898,273}{2.25} = 45.912$$

Para una velocidad lineal del agua de enfriamiento, de 4 ft/seg, y para una temperatura de 80°F,

$$h_i = 910 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}} \left[\text{f9-fig(25)} \right]$$

Siendo el tubo de 1.38"DI,

$$h_i = h_i \cdot (\text{factor corrección})$$

$$(\text{factor corrección}) = 0.855, \quad [49\text{-fig}(25)]$$

$$h_i = 910 \times 0.855 = 770 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

$$h_{io} = h_i \times \frac{DI}{DE} = 770 \times \frac{1.38}{1.66}$$

$$h_{io} = 647 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Coefficiente total limpio (U_c):

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{647 \times 10.2}{647 + 10.2}$$

$$U_c = 10 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Coefficiente de diseño (U_d):

$$U_d = \frac{U_c}{1 + R_d \cdot U_c}$$

$$U_d = \frac{U_c}{1 + R_d \cdot U_c}$$

$$R_d = 0.002 \frac{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}{\text{BTU}}$$

$$U_d = \frac{10}{1 + 0.002 \times 10}$$

$$U_d = 9.8 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Cálculo del área de transferencia y del número de Horquillas

Area de transferencia calculada (A):

$$A = \frac{q}{U_d \Delta t} = \frac{27,772}{9.8 \times 145} = 19.5 \text{ ft}^2$$

Longitud de tubo (L):

$$L = \frac{19.5 \text{ ft}^2}{0.435 \text{ (ft}^2/\text{ft lineal)}} = 44.8 \text{ ft}$$

Por lo tanto, se requieren conectar en serie, 3 juegos de tubos concéntricos de 15 ft, equivalentes a 1 1/2 horquillas de 15 ft (45 ft lineales)

$$A_d = 45 \times 0.435 = 19.6 \text{ ft}^2$$

Consecuentemente, el factor de obstrucción será mayor que el requerido:

$$U_d = \frac{27.772}{19.6 \times 145} = 9.78 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

$$R_d = \frac{10 - 9.78}{10 - 9.78} = 0.0022$$

Puesto que el área de transferencia de calor es menor que 100 ft², el intercambiador de calor de tubos concéntricos considerado, es satisfactorio.

Caída de presión

Tubo

Factor de fricción (f):

$$f = 0.0035 + \frac{0.264}{\text{Re}_t^{0.42}} = 0.0064$$

$$\Delta F_t = \frac{4 \cdot f \cdot G_t^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot \rho_c^2 \cdot D}$$

$$F_t = \frac{4(0.0064)(898.273)^2(45)}{2(4.18)(10)^8(62.4)^2(0.115)}$$

$$F_t = 2.48 \text{ ft líquido}$$

$$P_t = \frac{\Delta F_t \cdot \rho_c}{144} = \frac{2.48 \times 62.4}{144}$$

$$P_t = 1.07 \text{ psi}$$

Anulo

$$D_e' = D_2 - D_1 = 0.1725 - 0.138$$

$$D_e' = 0.0345 \text{ ft} = 0.4 \text{ pulg}$$

$$Re_a' = \frac{D_e' \cdot G_a}{\mu_h} = \frac{0.0345 \times 116,525.4}{2.9}$$

$$Re_a' = 1,386.3$$

$$f = 0.0035 + \frac{0.264}{1386.3^{0.42}} = 0.0904$$

$$\rho_h = 65.4 \text{ lb/ft}^3$$

$$\begin{aligned} \Delta F_a &= \frac{4 \cdot f \cdot G_a^2 \cdot L}{2 \cdot g \cdot \rho_h^2 \cdot D_e'} \\ &= \frac{4(0.0904)(116,525.4)(45)}{2(4.18 \times 10^8)(65.4)^2(0.03435)} \end{aligned}$$

$$\Delta F_a = 1.8 \text{ ft líquido}$$

$$v_a = \frac{G_a}{3,600 \times \rho_h} = \frac{116525.4}{3600 \times 65.4}$$

$$= 0.495 \text{ ft/seg}$$

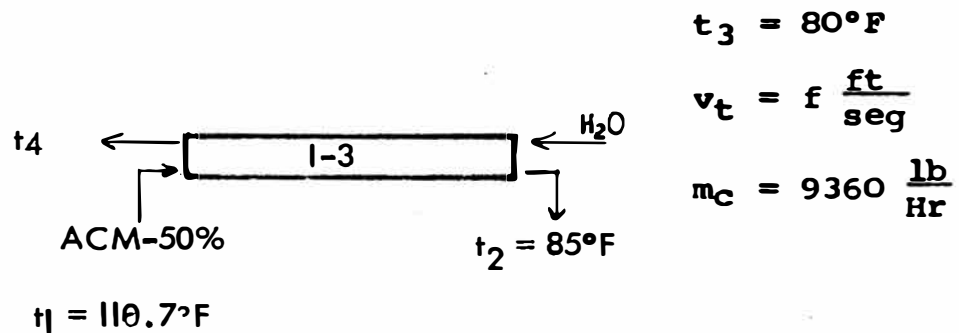
$$\Delta F_1 = 1.5 \times \frac{0.495^2}{2 \times 32.3} = 0.006 \text{ ft liq.}$$

$$\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_1) \times \rho_h}{144}$$

$$\Delta P_a = \frac{(1.8 + 0.006) \times 65.4}{144} = 0.82 \text{ psi}$$

c. Diseño del Intercambiador Tubular (I-3)

Se considera un intercambiador de calor de tubos con céntricos de 2" x 1 1/4" IPS. Se considera también, como agua de enfriamiento a aquella provenien te del intercambiador de calor (I-2). Así,



La solución ACM-50, viene constituida de la siguiente forma:

ACM-99.5 %	437.5 $\frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$	403.2 $\frac{\text{Lt}}{\text{Hr}}$
Agua dilución:	433.1 $\frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$	433.1 $\frac{\text{Lt}}{\text{Hr}}$
ACM-50 % :	<hr/> 870.6 $\frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$	<hr/> 836.3 $\frac{\text{lt}}{\text{Hr}}$

De acuerdo a la mecánica de funcionamiento de los tanques de dilución Tk-6-7, se tendrá un flujo de solución ACM 50 %, de:

$$\frac{870.6 \times 8}{3} = 2,321.6 \frac{\text{Kg}}{\text{Hr}}$$

o,

$$\frac{836.3 \times 8}{3} = 2,230.2 \frac{\text{lt}}{\text{Hr}}$$

durante 3 horas, 3 veces diarias.

$$A \quad \bar{t}_h = 98^\circ\text{F},$$

$$\bar{c}_{p_h} = 0.706 \frac{\text{BTU}^*}{\text{lb-}^\circ\text{F}}$$

$$\rho_h = 1.041 \frac{\text{Kg}}{\text{lt}} = 65 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

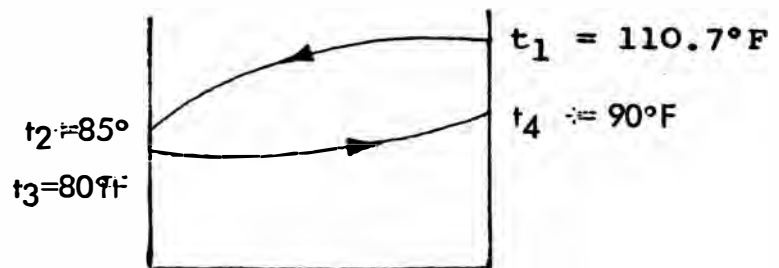
Balance de calor:

$$q = m_h \cdot \bar{c}_{p_h} \cdot (t_1 - t_2) = m_c \cdot 1 \cdot (t_4 - 80)$$

$$q = 5107.5 (0.706) (110.7-85) =$$

$$9,360 \times 1 \times (t_4 - 80)$$

$$t_4 = 90^\circ\text{F}$$



$$\text{MLDT} \frac{\Delta t_2 - \Delta t_1}{\ln(\Delta t_2 / \Delta t_1)} = 11^\circ\text{F} = \Delta t$$

Area de flujo (pulg ²)		Diámetro equiv. (pulg)	
ánulo	tubo	De	De'
1.19	1.50	0.915	0.40

Dado que el mayor flujo corresponde al agua de enfriamiento, éste transcurrirá por el tubo interior.

Cálculo de los coeficientes de transferencia

Anulo (Fluido caliente)

Area de flujo:

$$D_2 = 2.067 / 12 = 0.1725 \text{ ft}$$

$$D_1 = 1.66 / 12 = 0.128 \text{ ft}$$

$$D_e = \frac{(D_2^2 - D_1^2)}{D_1} = 0.0762 \text{ ft}$$

$$a_a = \frac{\pi}{4} (D_2^2 - D_1^2) = 0.00826 \text{ ft}^2$$

$$G_a = \frac{W_h}{a_a} = \frac{5,107.5}{0.00826} = 618,341.4 \frac{\text{lb}}{\text{Hr-ft}^2}$$

La composición fraccional molar de la solución ACM 50, es la siguiente:

$$x_{\text{ACM}} = 0.2$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = 0.8$$

$$A \quad \bar{t}_h = 98^\circ\text{F}$$

$$\bar{\mu}_{\text{ACM}} = 7.5 \text{ cP} = 18.15 \text{ lb/Hr-ft}$$

$$\bar{\mu}_{\text{H}_2\text{O}} = 0.73 \text{ cP} = 1.77 \text{ lb/Hr-ft}$$

Asi,

$$\bar{\mu}_h = \bar{\mu}_{\text{ACM} \pm 50} = 7.5(0.2) + 0.73(0.8)$$

$$\bar{\mu}_h = 2.08 \text{ cP} = 5.04 \text{ lb/Hr-ft}$$

Número Reynolds:

$$Re_a = \frac{De \cdot G_a}{\mu_h} = \frac{0.0762(618,341.4)}{5.04}$$

$$Re_a = 9,349$$

Factor Colburn:

$$j_H = 33 \left[49 - \text{fig}(24) \right]$$

$$A \bar{t}_h = 98^\circ F,$$

$$\left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]_{ACM} = 0.016 e^{3082.5 / T} = 336.7$$

por lo tanto,

$$\bar{k}_{ACM} = 0.0222 \frac{BTU}{Hr-ft^2-(^\circ F/ft)}$$

$$A \bar{t}_h = 98^\circ F,$$

$$\bar{k}_{H_2O} = 0.3610 \frac{BTU}{Hr-ft^2-(^\circ/ft)}$$

por lo tanto,

$$k_h = \bar{k}_{ACM-50} = 0.0222(0.2) + 0.361(0.8)$$

$$\bar{k}_h = 0.293 \frac{BTU}{Hr-ft^2-(^\circ F/ft)}$$

Además,

$$\left[\frac{\bar{c}_p \cdot \bar{\mu}}{k} \right]_h^{1/3} = \left(\frac{0.706 \times 5.04}{0.293} \right)^{1/3} = 2.33$$

$$h_o = J_H \cdot \frac{\bar{k}}{De} \left(\frac{\bar{c}_p \bar{\mu}}{k} \right)^{1/3} \cdot \phi_a$$

$$\frac{h_o}{\phi_a} = 33 \times \frac{0.2930}{0.0762} \times 2.33 = 295.7$$

Tubo (fluído frío)

$$D = 1.38/12 = 0.115 \text{ ft}$$

Area de flujo:

$$a_t = \frac{\pi}{4} \times D^2 = 0.01042 \text{ ft}^2$$

Velocidad de masa:

$$G_t = \frac{W_c}{a_t} = \frac{9,360}{0.01042}$$

$$G_t = 898,273 \text{ lb}/(\text{Hr-ft}^2)$$

$$A \text{ } t_c = 85^\circ\text{F},$$

$$\bar{\mu}_c = 0.85 \text{ cP} = 2.06 \frac{\text{lb}}{\text{Hr-ft}}$$

$$\bar{k}_c = 0.356 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2 - (^\circ\text{F}/\text{ft})}$$

$$\bar{c}_{Pc} = 1 \text{ BTU}/\text{lb-}^\circ\text{F}$$

Número Reynolds:

$$Re_t = \frac{D \cdot G_t}{\bar{\mu}_c} = 50,146.3$$

Para una $\bar{t}_c = 85^\circ\text{F}$ y una $v_t = 4$ ft/seg,

$$h_i = 940 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}} \quad [49\text{-fig}(25)]$$

$$h_i = h_i \times (\text{factor corrección})$$

$$F. \text{ correcc.} = 0.855 \quad [49\text{-fig}(25)]$$

$$h_i = 803.7 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

$$h_{io} = 803.7 \times \frac{1.38}{1.66} = 668$$

Cálculo del factor de viscosidad (ϕ_a)

$$t_w = t_c + \frac{h_o}{h_{io} + h_o} \times (T_c - t_c)$$

$$t_w = \bar{t}_c + \frac{h_o/\phi_a}{h_{io} + (h_o/\phi_a)} \times (\bar{T}_c - t_c)$$

donde,

t_w : temperatura de pared del tubo

t_c : temperatura calórica del fluido frío

T_c : temp. calórica del fluido caliente

$$t_w = 85 + \frac{295.70}{668 + 295.7} \times (98 - 85) = 89^\circ\text{F}$$

A $t_w = 89^\circ\text{F}$,

$$\bar{\mu}_w = \bar{\mu}_{\text{ACM-50}} = 8.2(0.2) + 0.825(0.8)$$

$$\bar{\mu}_w = 2.3 \text{ cP} = 5.6 \text{ lb/Hr-ft}$$

$$\phi_a = \left(\frac{\bar{\mu}}{\bar{\mu}_w} \right)^{0.14} = \left(\frac{5.04}{5.60} \right)^{0.14} = 0.985$$

Por lo tanto,

$$h_o = 295.7 \times 0.985 = 291.4 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Coefficiente total limpio (U_c):

$$U_c = \frac{h_{io} \cdot h_o}{h_{io} + h_o} = \frac{668 \times 291.4}{668 + 291.4} = 203$$

Coefficiente de diseño (U_d):

$$U_d = \frac{U_c}{1 + R_d \cdot U_c} = \frac{203}{1 + 0.002(203)}$$

$$U_d = 144.4 \frac{\text{BTU}}{\text{Hr-ft}^2\text{-}^\circ\text{F}}$$

Cálculo del Area de transferencia y del Número de

torquillas

Area de transferencia calculada (A):

$$A = q / (U_d \cdot \Delta t)$$

$$A = \frac{92.671.5}{144.4 \times 11} = 58.3 \text{ ft}^2$$

Longitud de tubos calculada (L):

$$L = \frac{58.3 \text{ ft}^2}{0.435 \text{ (ft}^2/\text{ft lineal)}}$$

$$= 134 \text{ ft lineales}$$

Por lo tanto, se requiere conectar en serie 12 juegos de tubos concéntricos de 12 ft, equivalentes a 6 horquillas de 12 ft.

Longitud de diseño (L_d):

$$L_d = (12 \times 2) \times 6 = 144 \text{ ft}$$

Area de transferencia de diseño (A_d):

$$A_d = 144 \times 0.435 = 62.64 \text{ ft}^2$$

Consecuentemente, el factor de obstrucción será mayor que el requerido:

$$U_d = \frac{92671.50}{62.64 \times 11} = 134.50$$

$$R_d = \frac{203 - 134.5}{203 \times 134.5} = 0.0025$$

Puesto que el área de transferencia es menor que 100 ft², el intercambiador de calor considerado, es satisfactorio.

Caída de presión

Tubo

$$f = 0.0035 + \frac{0.2640}{Re_t^{0.42}} = 0.0063$$

$$\Delta F_t = \frac{4(0.0063)(898273)^2(144)}{2(4.18 \times 10^8)(62.4)^2(0.115)}$$

$$= 7.82 \text{ ft líquido}$$

$$\Delta P_t = \frac{F_t \cdot \rho_c}{144} = \frac{7.82 \times 62.4}{144} = 3.4 \text{ psi}$$

Anulo

$$Re_a = \frac{D_e \cdot G_a}{\mu_h} = \frac{0.0345 \times 618,341.4}{5.04}$$

$$= 4232.7$$

$$f = 0.0035 + \frac{0.264}{(Re_a)^{0.42}} = 0.0114$$

$$\Delta F_a = \frac{4(0.0114)(618341.4)^2(144)}{2(4.18 \times 10^8)(65)^2(P/P345)}$$

$$= 20.6 \text{ ft líquido}$$

$$v_a = \frac{G_a}{3,600 \times \rho_h} = \frac{618,341.40}{3600 \times 65} = 2.64 \text{ ft/seg}$$

$$\Delta F_1 = \frac{v_a^2}{2g'} \left(\frac{\text{ft}}{\text{horquilla}} \right) \times (N^\circ \text{ horquilla})$$

$$\Delta F_1 = \frac{2.64^2}{2 \times 32.2} \times 6 = 0.65 \text{ ft líquido}$$

$$\Delta P_a = \frac{(\Delta F_a + \Delta F_1) \rho_h}{144} = \frac{20.6 + 0.65}{144} \times 65$$

$$\Delta P_a = 9.6 \text{ lb/pulg}^2$$

d. Diseño de la Torre de Enfriamiento

1. Area de la Superficie del terreno

- temperatura de agua caliente (t_h):

30°C (86°F)

- temperatura de agua fría (t_c):

25°C (77°F)

- temperatura promedio de bulbo húmedo, de enero a marzo (\bar{T}_{wb}):

21°C

Información proporcionada por el Senamhi

- intervalo: ($t_h - t_c$) = 5°C

- cercanía: ($t_c - \bar{T}_{wb}$) = 4°C

- flujo: 392.1 lt/min

- concentración del agua (C):

conociendo t_h , t_c , y \bar{T}_{wb} , y mediante la gráfica 48 [43-p(1228)], se obtiene

$$C = 125 \frac{\text{lt}}{\text{min-Mt}^2}$$

Consecuentemente, el área de sección mínima, necesaria para un resultado de funcionamiento del 90 %, será:

$$A_{\text{min}} = \frac{392.1 \text{ lt/min}}{125 \text{ lt/min-Mt}^2} = 3.14 \text{ Mt}^2$$

Por lo tanto, el área de la superficie del terreno, será:

$$A = \frac{3.14}{0.90} = 3.49 \text{ Mt}^2$$

Se considera un largo de 3 Mt por un ancho de 1.16 Mt

2. Altura de la torre

Para determinar la altura de la torre en cuestión, calculamos previamente, la altura correspondiente a una torre de tipo atmosférico.

Puesto que $(t_c - \bar{T}_{wb}) = 4^\circ\text{C}$, y

$(t_h - t_c) = 5^\circ\text{C}$, entonces de la figura 58

[43-p(1232)] , se tiene:

$$C = 89 \frac{1t}{\text{min} - \text{Mt}^2}$$

Esta concentración de agua (C), corresponde a 21.1°C , de ampolla húmeda, 10.7 Mt de altura de la torre, y un viento de 4.83 Km/Hr.

Se emplea la siguiente ecuación:

$$C = \frac{(\text{flujo}) (w)}{(A) (C_w) (C_h)}$$

donde:

w: factor corrección por viento

[43-fhg (56)]

C_w : factor de corrección por temperatura de bulbo húmedo = 1

C_h : factor de corrección por altura de la torre
[43-fig(55)]

La velocidad del viento en la zona de Ventanilla, en los meses de enero a marzo, es un promedio, 13.6 Km/Hr
Por lo tanto,

$$w = 0.65$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior:

$$89 = \frac{392.1 \times 0.65}{3.49 \times 1 \times C_h}$$

$$C_h = 0.82$$

Consecuentemente, la altura de una torre atmosférica, correspondiente a las condiciones dadas, será:

$$H' = 9 \text{ Mt} [43\text{-fig}(55), p(1231)]$$

Para una torre de tiro mecánico inducido, su altura equivale a un aumento, por el sistema de distribución del rociado por arriba y por los eliminadores de arrastre, de 2.5 Mt sobre la del tipo atmosférico. Así,

$$H = 9 + 2.5 = 11.5 \text{ Mt}$$

3. Potencia del Ventilador

La potencia teórica del ventilador, para una torre que solo funcione al 90 % de su resultado normal, es:

$$0.338 \frac{\text{HP}}{\text{Mt}^2} \quad [43\text{-fig}(49)]$$

O sea,

$$P^o = 3.49 \times 0.338 = 1.18 \text{ HP}$$

4. Boquillas de distribución [43-p(1234)]

Tipo: cuerpo corto

Número : 7

Presión de e-
yección : 1.52 Kg/cm²

Capacidad : 56 lt/min

5. Flujo de restitución (Make-Up)

Para 5°C de efecto refrigerante, se estima el 1% de agua perdida por evaporación, más 0.2 % debido al rociado del mismo.

Por lo tanto, para enfriar agua de 30°C a 25°C, se perdería el 1.2 % del flujo del mismo cada vez que pase a través de la torre. Consecuentemente, se requiere restablecer continuamente el agua perdida mediante una corriente derivada de la piscina-cisterna (P-2), a un flujo de

$$392.1 \times 0.012 = 4.7 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

Así, la torre de enfriamiento requerirá un "Make-Up" de 4.7 lt/min.

C-4.6 Sistemas de Manipulación y Acondicionamiento de Fluidos

a. Bomba de Vacío (Bv-1)

La bomba (Bv-1) no sólo pone en movimiento al vapor proveniente del recipiente (F-1), sino que también lo acondiciona en cuanto a la presión y a la temperatura para que pueda tener acceso al tanque mezclador (M-1), sin sufrir alteración de su naturaleza físico-química.

Flujo másivo de vapor (W) :

$$W = 217.21 \frac{\text{lb}}{\text{Hr}}$$

En condiciones standard (60°F, 14.7 psia),

$$\rho_v = \frac{14.7}{10.71} \times \frac{52.6}{520} = 0.139 \frac{\text{lb}}{\text{ft}^3}$$

Consecuentemente, el flujo volumétrico standard manipulado, es

$$Q = \frac{217.21}{0.139} = 1,562.7 \frac{\text{ft}^3}{\text{Hr}} = 26 \text{ acfm}$$

La presión de descarga final requerida del sistema de compresión, es aproximadamente 760 mmHg (14.7 psia).

Según esta presión de descarga y el "Q" manipulado, el compresor a usar es de tipo recíprocante [54-fig(1)]

Se definen los siguientes parámetros:

$$K = \frac{c_p}{c_v} = \frac{c_p}{1.987 - c_p}$$

$$m \text{ (exponente isoentrópico)} = \frac{K - 1}{K}$$

r (razón de compresión por etapa) =

$$\frac{P_d}{P_a} = \left[\frac{P_d^o}{P_a^o} \right]^{1/s} \dots\dots\dots (86)$$

(P_d^o / P_a^o): razón de compresión global para la unidad de multi-etapas.

s: número de etapas de compresión.

Cabe señalar que se está considerando un gas ideal que sufre una compresión adiabática reversible. Es decir, una Compresión Isoentrópica.

Se considera una $K = 1.2$, valor generalizado correspondiente a moléculas poli-atómicas. En consecuencia, el valor del exponente isoentrópico, será:

$$m = \frac{1.2 - 1}{1.2} = 0.167$$

Razón de Compresión y Número de Etapas.

La relación entre las temperaturas de descarga y succión (por etapa), viene dada por la siguiente ecuación:

$$\frac{T_d}{T_s} = r^m \dots\dots\dots (87)$$

Si consideramos que la unidad de compresión consta de una sola etapa, entonces:

$$r = \left[\frac{P_d^\circ}{P_s^\circ} \right]^{\frac{1}{s}} = \frac{760 \text{ mmHg}}{37.4 \text{ mmHg}} = 20.2$$

$$T_d = 257^\circ\text{F} \times 20.3^{0.167} = 425^\circ\text{F}$$

Desde el punto de vista técnico, los valores resultantes son perjudiciales. Como máximo, la razón de compresión por etapa, va de 3 - 4, Mayores "r" reducen las eficiencias mecánica y volumétrica, y contribuyen a un mayor "stress" mecánico. Además, la temperatura de descarga por etapa (t_d), debe ser menor de 350 - 400 ° F.

Este último es relativo, ya que se puede requerir menores temperaturas, dependiendo de las propiedades del gas comprimido. Como ya ha sido mencionado, a partir de los 150°C (30°F), el ACN y la ACM polimerizan; por lo que, fijamos una temperatura de descarga menor que 290°F,

$$t_d < 290^\circ\text{F}$$

Mediante la Ec. (86), se obtiene:

s	1	2	3	4
r	20.3	4.5	2.70	2.12

En primera instancia es factible $s = 3$ para un $r = 2.7$. Sin embargo, cabe señalar que la

Ec. (86) desprecia las caídas de presión a través de los "Intercoolers", separadores, conductos, etc., por lo que el "r" resultante es realmente mayor para cada etapa. Más aún, según la Ec. (87), para $r = 2.7$, la temperatura de descarga sería:

$$t_d = 257^\circ\text{F} (2.7)^{0.167}$$
$$= 303^\circ\text{F} > t_d \text{ (límite)}$$

Por lo expuesto, se adopta $r = 2.12$, para las cuatro etapas de la unidad de compresión.

Potencia

Para cada etapa de compresión, se definen las siguientes magnitudes:

Eficiencia adiabática global (E_{ao}):

$$E_{ao} = \frac{\text{IHP}}{\text{BHP}} = 0.80 \quad [54-p(222)]$$

Potencia para compresión isoentrópica:

$$\text{IHP} = \frac{0.0642 \times Q}{m} (r^m - 1) \left(\frac{T_s}{520} \right) (Z)$$

..... (89)

o,

$$\frac{\text{IHP}}{100 \text{ scfm}} = \frac{6.42}{m} (r^m - 1) \cdot \left(\frac{T_s}{520} \right) \cdot (Z)$$

$$\frac{\text{IHP}}{100 \text{ scfm}} = F \times \left(\frac{T_s}{520} \right) (\bar{Z}) \dots\dots\dots (89a)$$

F: potencia isoentrópica requerida por 100 scfm. con $t_s = 520^\circ\text{R}$ y $\bar{Z} = 1$

\bar{Z} : factor de compesibilidad promedio

$$\frac{Z_s + Z_d}{2}$$

Potencia al freno mecánico (BHP):

$$\frac{\text{BHP}}{100 \text{ scfm}} = F \cdot \left(\frac{T_s}{520} \right) \cdot \bar{Z} \cdot (1/E_{ao}) \dots\dots (90)$$

Energía isoentrópica suministrada al gas comprimido "Head Adiabático" (H_a):

$$H_a = \left(\frac{R}{M} \cdot T_s \right) (1/m) (r^m - 1) (\bar{Z}) \dots\dots (91)$$

La potencia del compresor (BHP), está relacionada a " H_a ", el flujo másico (W), y a " E_{ao} ", por la siguiente ecuación:

$$\text{BHP} = \frac{W \times H_a}{33,000 \times E_{ao}} \dots\dots\dots (92)$$

La pérdida total de energía desde una etapa de compresión, excluyendo la energía transferida en los "intercolers) o "aftercolers", viene representada por la siguiente expresión:

$$L = \frac{(T_d - T_s) \cdot Q \cdot C_p}{6.35} + 2547 \text{ (BHP)}$$

donde,

$$c_p = 1.987 (K / K-1)$$

Dadas las presiones involucradas

$$\bar{Z} = 1$$

lo cual puede verificarse en el gráfico generalizado de Z . vs. (P_r, T_r) , determinando previamente, los parámetros pseudo-críticos de la mezcla, en la succión y en la descarga.

La evaluación de las magnitudes anteriores para cada etapa de compresión, se muestra en el cuadro C. 26.

b. Altura total de columna líquida de las Bombas Centrífugas

Se definen las siguientes magnitudes con sus unidades:

P : presión (Atm, psi, mmHg)

T : temperatura (°F)

D : diámetro (pulg)

v : velocidad lineal de flujo ($\frac{ft}{seg}$)

Q : flujo volumétrico (ft^3/min)

μ : viscosidad (lb/ft-seg)

Se definen también, las siguientes Alturas de columna líquida:

CUADRO C. 26

ETAPA	Succión		Descarga		IHP	BHP	H _a ($\frac{\text{ft-lb}}{\text{lb}}$)	L ($\frac{\text{BTU}}{\text{Hr}}$)
	P(mmHg)	T(°F)	P(mmHg)	T(°F)				
1	37.4	257	79.5	287	1.82	2.28	16,631.6	4,356
2	79.5	227	169.0	257	1.74	2.18	15,938.4	4,089
3	169.0	227	359.0	257	1.74	2.18	15,938.4	4,089
4	359.0	227	762.6	257	1.74	2.18	15,938.4	4,089
			TOTAL		7.04	8.82	64,446.8	16,623

ΔH_f : altura de fricción total

$$\Delta H_f = f \times \frac{v^2}{2g} \times \left(\frac{\sum L}{D} \right) \text{ ft líquido}$$

H_e : altura estática, correspondiente a la diferencia de niveles entre dos puntos.

$$\Delta H_e = (H_2 - H_1) \text{ ft líquido}$$

H_p : altura de presión, correspondiente a la diferencia de presiones entre dos puntos

$$\Delta H_p = (P_2 - P_1) \frac{1b}{\text{pulg}^2} \times \frac{144}{\rho} \frac{\text{pulg}^2\text{-ft}}{1b}$$

ΔH_v : altura de velocidad, correspondiente a la diferencia de velocidades lineales entre dos puntos

$$\Delta H_v = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} \text{ ft líquido}$$

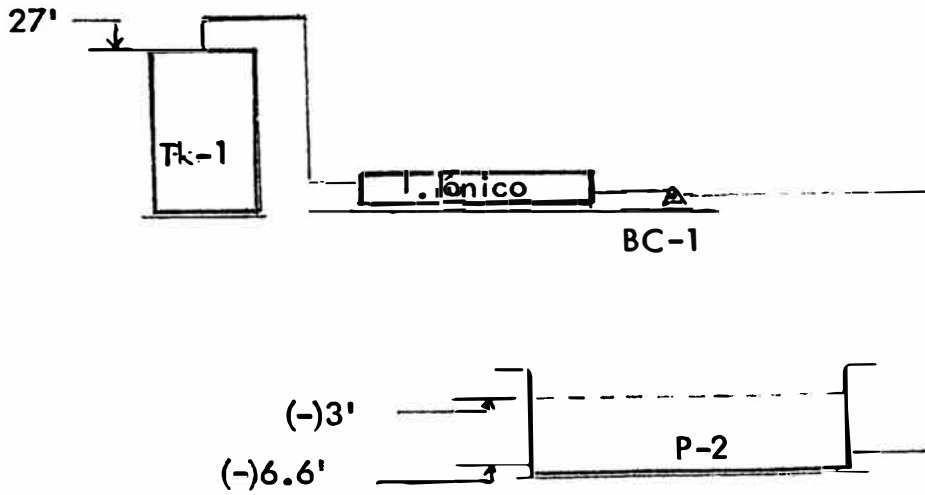
El cuadro C. 27, es una tabulación de valores involucrados en los cálculos efectuados.

El cuadro C.28, muestra en resumen, la longitud de tubería equivalente correspondiendo a cada tramo de tubería.

b.1. Tramo (P-2) - (Tk-1)

Fluido: Agua

Manipulación: por bombeo (BC-1)



CUADRO C. 27

Tramo	T	ρ	μ	v	D	Q	Re	e/D	f
(P-2)-(Tk-1)	77	62.40	0.00064	3.15	1 ¹ / ₂	2.320	38.391	0.0012	0.0255
(Tk-3)-(M-1)	77	62.40	0.00064	1.11	3/8	0.065	3.815	0.0043	0.0440
(Tk-5)-(M-1)	77	49.40	0.00037	1.33	3/4	0.240	11,100	0.0024	0.0335
(M-1)-(R-1)	108	54.50	0.00067	1.00	1	0.362	7,111	0.0035	0.0380
(R-1)-(R-2)	212	62.40	0.00034	1.42	3/4	0.315	17.921	0.0024	0.0310
(R-2)-(I-1)	212	80.30	0.00076	1.10	3/4	0.245	8,017	0.0024	0.0360
(I-1)-(F-1)	257	80.30	0.00054	1.10	3/4	0.245	11,273	0.0024	0.0340
(F-1)-(I-2)	257	65.40	0.00054	1.95	1/2	0.245	12,241	0.0029	0.0346
(I-2)-(Tk-7)	194	67.70	0.00100	1.88	1/2	0.237	6,600	0.0029	0.0385
(Tk-1)-(o)	77	62.40	0.00640	4.30	1 ¹ / ₄	0.854	48,214	0.0013	0.0250
(o)-(Tk-7)	77	62.40	0.00640	5.93	1	0.680	50,542	0.0017	0.0270
(o)-(Tk-2)	77	62.40	0.00640	4.32	1/2	0.174	21,832	0.0029	0.0313

CUADRO C. 27

(Continuación)

(Tk-7)-(l-3)	110.7	64.30	0.00110	2.13	1 ¹ / ₄	1.323	14,346	0.0013	0.0305
(l-3)-Tk-10)	85	64.30	0.00136	2.13	1 ¹ / ₄	1.323	11,603	0.0013	0.0320
AGUA DE ENFRIAMIENTO									
(TE-1)-(p)	77	62.40	0.00063	3.36	3 ¹ / ₂	13.830	99,185	0.0005	0.0205
(p)-(R-1)	77	62.40	0.00063	3.68	3	11.330	93,935	0.0006	0.0211
(R-1)-(R-2)	85	62.40	0.00057	3.68	3	11.330	103,000	0.0006	0.0208
(R-2)-(q)	85	62.40	0.00057	3.68	3	11.330	103,000	0.0006	0.0208
(p)-(l-2)	77	62.40	0.00063	1.79	2	2.500	30,783	0.0009	0.0257
(l-2)-(l-3)	80	62.40	0.00061	1.79	2	2.500	31,801	0.0009	0.0255
(l-3)-(q)	90	62.40	0.00054	1.79	2	2.500	35,629	0.0009	0.0255
(q)-(TE-1)	86	62.40	0.00057	3.36	3 ¹ / ₂	13.830	109,718	0.0005	0.0202
(P-2)-(TE-1)	77	62.40	0.00063	4.12	1/2	0.166	20,900	0.0029	0.0310

Descripción	(P-2)-(Tk-1)	(Tk-3)-(M-1)	(Tk-5)-(M-1)
Tubería	47.0/0.3048 = 154.2	26.0/0.3048 = 85.3	47.0/0.3048 = 154.2
Codos	24(3.75) = 90.0	10(1.06) = 10.6	14(2.00) = 28.0
"T", paso largo	5(2.50) = 12.5	-	-
"T", paso ángulo	3(8.00) = 24.0	1(2.10) = 2.1	1(4.00) = 4.0
Válv.compuerta	7(0.80) = 5.6	2(1.23) = 2.5	2(0.43) = 0.8
Válvula Globo	2(40.0) = 80.0	-	2(20.0) = 40.0
TOTAL (ΣL)	366.30	100.50	227.00

Descripción	(M-1)-(R-1)	(R-1)-(R-2)	(R-2)-(I-1)
Tubería	14.0/0.3048= 45.9	11.0/0.3048 = 36.0	3.5/0.3048 = 11.5
Codos	8(2.95) = 23.6	6(2.46) = 14.8	3(2.46) = 7.4
"T", paso largo	-	-	-
"T", paso ángulo	1(5.50) = 5.5	-	-
Válv.Compuerta	1(0.60) = 0.6	1(0.45) = 0.4	1(0.45) = 0.4
Válvula Globo	2(27.5) = 55.0	-	-
TOTAL (ΣL)	130.60	51.20	19.30

Longitud de Tubería Equivalente (ft)

CUADRO C.28

Descripción	(I-1)-(F-1)	(F-1)-(I-2)	(I-2)-(Tk-7)
Tubería	5.0/0.3048 = 16.4	3.0/0.3048 = 9.85	18.0/0.3048 = 59'05
Codos	4(2.46) = 9.9	5(1.97) = 9.85	8(1.97) = 15.76
"T", paso largo	-	-	1(3.50) = 3.50
"T", paso ángulo	-	-	1(1.15) = 1.15
Válv. Compuerta	1(0.45) = 0.4	-	2(0.35) = 0.70
Válvula globo	-	2(18.7) = 37.40	-
TOTAL (Σ L)	26.70	57.10	80.16

Descripción	(Tk-1)-(o)	(o)-(Tk-7)	(o)-(Tk-2)
Tubería	3.0/0.3048 = 9.8	26.0/0.3048 = 85.30	30.0/0.3048 = 98.43
Codos	6(3.5) = 21.0	4(2.6) = 10'40	4(2.6) = 11.82
"T", paso largo	-	-	1(1.64) = 1.64
"T", paso ángulo	-	2(5.8) = 11.60	1(3.5) = 3.50
Válv. Compuerta	1(0.75) = 0.7	1(0.6) = 0.60	1(0.35) = 0.35
Válvula Globo	2(36.0) = 72.0	-	-
TOTAL (Σ L)	103.60	107.9	115.70

CUADRO C.28
 (Continuación)

CUADRO C. 28
(Continuación)

Descripción	(Tk-7)-(I-3)	(I-3)-(Tk-10)
Tubería	12.0/0.3048 = 39.40	82.0/0.3048 = 269.0
Codos	10(3.50) = 35.00	10(3.50) = 35.0
"T", paso ángulo	2(7.50) = 15.00	2(7.50) = 15.0
"T", paso largo	-	1(2.30) = 2.3
Válv.Compuerta	2(0.80) = 1.60	3(0.80) = 2.4
Válvula Globo	2(37.50) = 75.00	-
TOTAL (ΣL)	166.00	323.70

Descripción	(P-2)-(TE-1)
Tubería	39.0/0.3048 = 127.45
Codos	9.(1.97) = 17.73
"T", paso largo	1(1.00) = 1.00
T", paso ángulo	-
Válv.Compuerta	1(0.35) = 0.35
Válv.Globo	2(17.0) = 34.00
TOTAL (ΣL)	181.00

CUADRO C. 28

(continuación)

Descripción	Agua de Enfriamiento		
	3 ¹ / ₂ " SCH 40	3" SCH 40	2" SCH 40
Tubería	23.5/0.3048 = 77.10	32.0/0.3048 = 105.00	54.0/0.3048 = 177.2
Codos	14(10.00) = 140.00	11(9.00) = 99.00	16(6.56) = 105.0
"T", paso ángulo	2(20.00) = 40.00	-	-
"T", paso largo	2(6.00) = 12.00	-	-
Válv.compuerta	1(2.00) = 2.00	4(1.97) = 7.88	4(1.32) = 5.3
Válvula Globo	2(100.0) = 200.00	-	-
Reducciones	4.00	2.00	2.0
TOTAL (Σ L)	475.10	213.90	289.50

Altura de fricción total:

$$\Delta H_f = 0.0255 \times \frac{3.152}{64.40} \left(\frac{366.3}{1.5/12} \right)$$
$$= 11.5 \text{ ft.}$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 27 - (-6.6) = 33.6 \text{ ft}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = (14.7 - 16) \times \frac{144}{62.40} = -3 \text{ ft}$$

Altura total en el sistema de intercambio iónico

(ΔH_{II}):

$$\Delta H_{II} = (1.75 + 1.3) \times \frac{144}{62.40} = 7 \text{ ft}$$

Altura total de columna líquida en el sistema (H_t):

$$H_t = \sum \Delta H = 11.5 + 33.6 + (-3) + 7$$

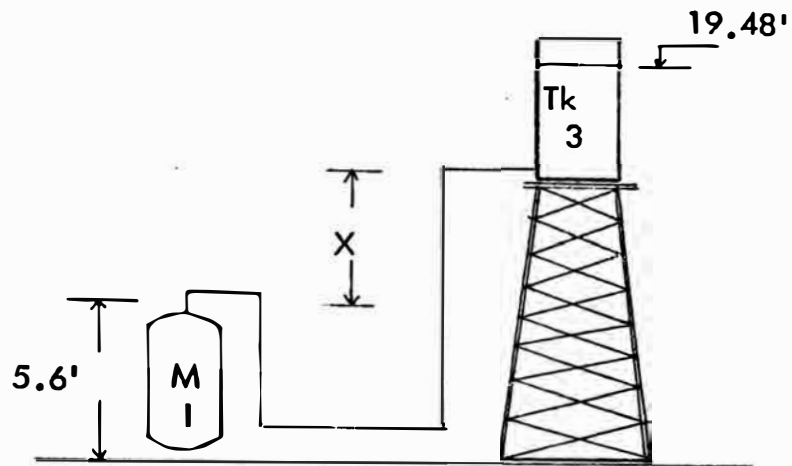
$$H_t = 49.10 \text{ ft}$$

b.2 Tramo (Tk-2-3) - (M-1)

Fluido: agua

Manipulación: por gravedad

Las condiciones más desfavorables corresponden al tanque Tk-3, con una mayor altura líquida de fricción



Altura de fricción total:

$$\Delta H_f = 0.044 \times \frac{1.11^2}{64.40} \left(\frac{100.5}{0.423/12} \right)$$
$$= 2.4 \text{ ft}$$

Consecuentemente, para que el tanque Tk-3 llegue a vaciarse completamente, como mínimo $x = 2.4 \text{ ft}$ (0.73 Mt) Se considera,

$$x = 1 \text{ Mt}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = 0$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 5.6 - 19.45 = - 13.85$$

$$\Delta H_e = 13.85 \text{ ft (a tanque lleno)}$$

$$\Delta H_e = 5.6 - 8.86 = - 3.26 \text{ ft}$$

$$\Delta H_e = - 3.26 \text{ ft (a tanque vacío)}$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = 0$$

Altura total de columna líquida:

$$H_t = - 13.85 + 2.4 = - 1.43$$

$$H_t = - 11.43 \text{ ft (a tanque lleno)}$$

$$H_t = - 3.26 + 2.4 = - 0.84$$

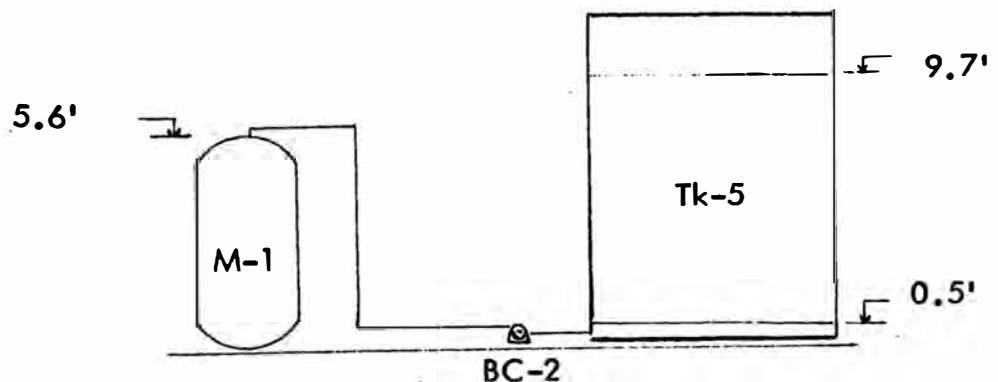
$$H_t = - 0.84 \text{ ft (a tanque vacío)}$$

b.3 Tramo (Tk-4-5) - (M-1)

Fluido: ACN

Manipulación: por bombeo (BC-2)

Las condiciones más desfavorables corresponden al tanque Tk-5, con una mayor altura líquida de fricción.



Altura de fricción total:

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= 0.0335 \times \frac{1.33^2}{64.40} \left(\frac{227}{0.742/12} \right) \\ &= 3.38 \text{ ft}\end{aligned}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = 0$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = 0$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 5.6 - 9.7 = -4.1 \text{ ft (tanque lleno)}$$

$$\Delta H_e = 5.6 - 0.5 = 5.1 \text{ ft (tanque vacío)}$$

Altura total de columna líquida:

$$H_t = 3.38 + (-4.1) = -0.72$$

$$H_t = 0.72 \text{ ft (a tanque lleno)}$$

$$H_t = 3.38 + 5.1 = 8.48 \text{ ft}$$

$$G_t = 8.48 \text{ ft (a tanque vacío)}$$

b.4. Tramo (M-1) - (F-1)

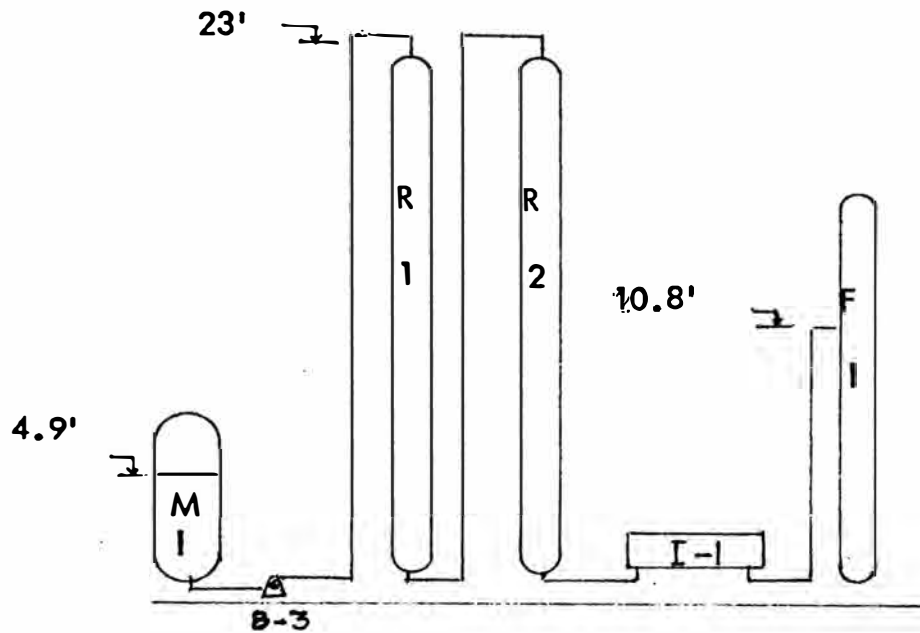
Fluido: - mezcla ACN y H₂O, entre (M-1) - (R-1)

- mezcla ACN, H₂O y ACM, entre (R-1)
(R-2)

- ACM-99.5 %, entre (R-2) - (F-1)

Manipulación: por bombeo (BC-3)

Presión en (M-1) : 1 Atm
Presión en (R-1-2) : 50 psig
Presión en (F-1) : 37.4 mmHg



Altura líquida en las unidades R-1-2

(ΔH_{R12}):

$\Delta H_{R12} \longrightarrow$ despreciable

Altura total en el intercambiador de calor I-1)

(ΔH_{IC1}):

$$\Delta H_{IC1} = 0.214 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 0.4 \text{ ft líquido}$$

CUADRO C. 29

Alturas de columna líquida: Tramo (M-1) - (F-1)

Descripción	(M-1)-(R-1)	(R-1)-(R-2)	(R-2)-(I-1)	(I-1)-(F-1)
H_e	$23 - 4.9 = 18.1$	$23 - 0 = 23$	3	$10.8 - 3 = 7.8$
H_p	(132 (50 psig))	0	0	0
H_f	0.88	0.73	0.19	0.26
H	150.98	23.73	3.19	8.06
H	185.96			

Altura total de columna líquida:

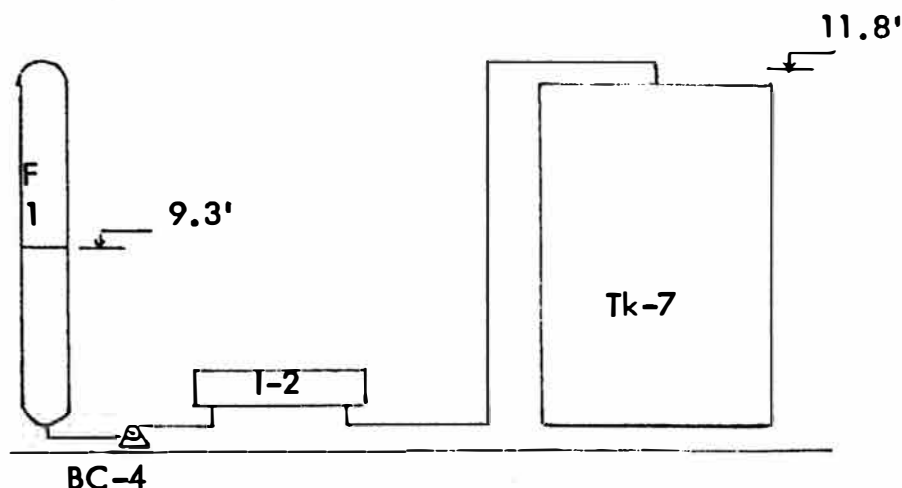
$$H_t = 185.96 + 0.4 = 186.36 \text{ ft.}$$

b.5 Tramo (F-1) - (Tk-6-7)

Fluido: ACM-99.5 %

Manipulación: por bombeo (BC-4)

Las condiciones más desfavorables corresponden al tanque Tk-7, con una mayor altura líquida de fricción.



Altura de fricción total:

$$\Delta H_f = 0.0346 \times \left(\frac{1.95^2}{64.40} \right) \left(\frac{57.1}{0.622/12} \right)$$

$$= 2.25 \text{ ft, tramo (F-1) - (I-2)}$$

$$\Delta H_f = 0.0385 \times \left(\frac{1.88^2}{64.40} \right) \left(\frac{80.16}{0.622/12} \right)$$

$$= 3.27 \text{ ft, tramo (I-2) - (Tk-7)}$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 11.8 - 9.3 = 2.5 \text{ ft}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = (14.7 - 0.723) \times \frac{144}{66.50} = 30.3 \text{ ft}$$

Altura total en el intercambiador de calor (I-2):

$$\Delta H_{IC2} = 0.82 \frac{1b}{\text{pulg}^2} = 1.78 \text{ ft liq.}$$

Altura total de columna líquida:

$$\begin{aligned} H_t &= (2.25 + 3.27) + 2.5 + 30.3 \\ &+ 1.78 = 40.1 \text{ ft} \end{aligned}$$

b.6. Tramo (Tk-1)-(Tk-2-3-6-7)

Fluido: agua desionizada

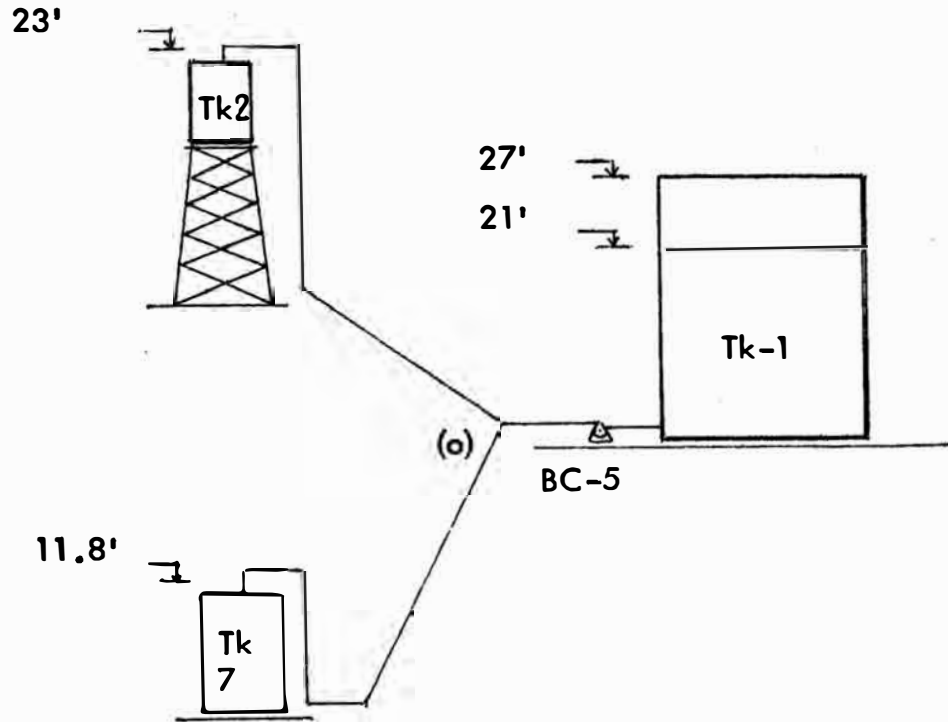
Manipulación: por bombeo (BC-5)

Las condiciones más desfavorables corresponden a los tanques Tk-2 y Tk-7, con mayor altura líquida de fricción total.

$$\begin{aligned} \Delta H_f &= 0.025 \times \left(\frac{4.3^2}{64.40} \right) \left(\frac{103.6}{1.38/12} \right) \\ &= 6.47 \text{ ft, tramo (Tk-1)-(o)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta H_f &= 0.027 \times \left(\frac{5.93^2}{64.40} \right) \left(\frac{107.9}{1.049/12} \right) \\ &= 18.2 \text{ ft, tramo (o)-Tk-7} \end{aligned}$$

$$\Delta H_f = 0.0313 \times \left(\frac{4.32^2}{64.40} \right) \left(\frac{115.7}{0.622/12} \right)$$
$$= 20.2 \text{ ft, tramo (o) - (Tk-2)}$$



Se considera una altura mínima de agua en el tanque Tk-1, de 10.5 ft. Además, para el cálculo de "H_t", se considera que:

$$\Delta H_f = \Delta H_f \bigg|_{(Tk-1)-(o)} + \Delta H_f \bigg|_{(o)-(Tk-2)}$$

Así,

$$\Delta H_f = 26.67 \text{ ft líquido}$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = \frac{4.32^2 - 0}{2 \times 32.2} = 0.3 \text{ ft liq.}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = 0$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 23 - 10.5 = 12.5 \text{ ft}$$

Altura total de columna líquida:

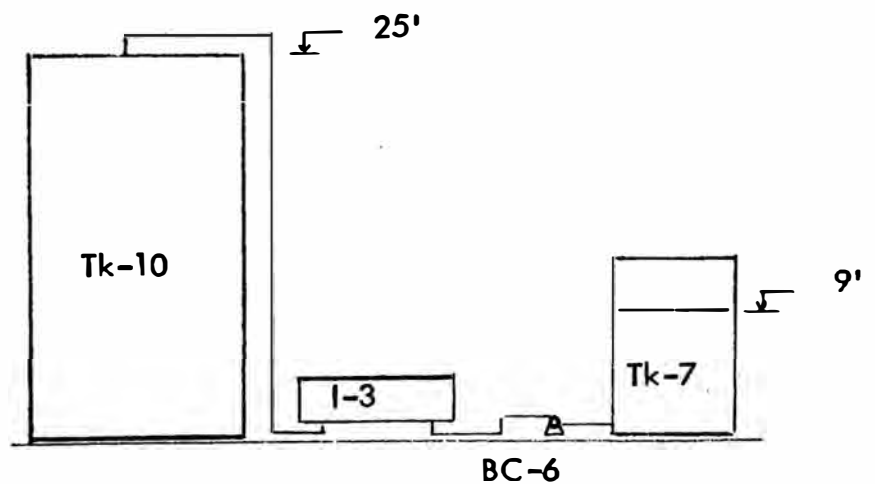
$$H_t = 26.67 + 0.3 + 12.5 = 39.47 \text{ ft}$$

b.7 Tramo (Tk-6-7) - (Tk-8-9-10)

Fluido: ACM-50 %

Manipulación: por bombeo (BC-6)

Las condiciones más desfavorables corresponden a los tanques (Tk-7) y (Tk-10), con mayor altura líquida de fricción total.



Altura de fricción total:

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= 0.0305 \times \left(\frac{2.13^2}{64.40}\right) \left(\frac{166}{1.38/12}\right) \\ &= 3.1 \text{ ft, tramo (Tk-7) - (I-3)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= 0.032 \times \left(\frac{2.13^2}{64.40}\right) \left(\frac{323.7}{1.38/12}\right) \\ &= 6.35 \text{ ft, tramo (I-3) - (Tk-10)}\end{aligned}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = 0$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 25 - 9 = 16 \text{ ft , (Tk-7 lleno)}$$

$$\Delta H_e = 25 - 0 = 25 \text{ ft , (Tk-7 vacío)}$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = 0$$

Altura líquida en el intercambiador de calor (I-3):

$$\Delta H_{IC3} = 9.6 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 21.5 \text{ ft líq.}$$

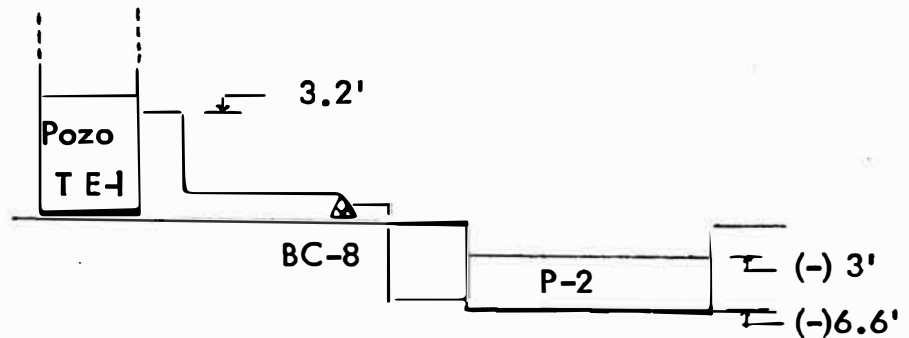
Altura total de columna líquida:

$$\begin{aligned}H_t &= (3.1 + 6.35) + 25 + 21.5 = \\ &= 55.95 \text{ ft líquido}\end{aligned}$$

b.8. Tramo (P-2) - (TE-1)

Fluido: agua de enfriamiento

Manipulación: por bombeo (BC-8)



Altura de fricción total:

$$\Delta H_f = 0.031 \times \left(\frac{4.12^2}{64.40} \right) \left(\frac{181}{0.622/12} \right)$$
$$= 28.5 \text{ ft}$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 3.2 + 3.6 = 6.8 \text{ ft}$$

Altura de presión:

$$\Delta H_p = 0$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = \frac{4.12^2 - 0}{64.40} = 0.26 \text{ ft}$$

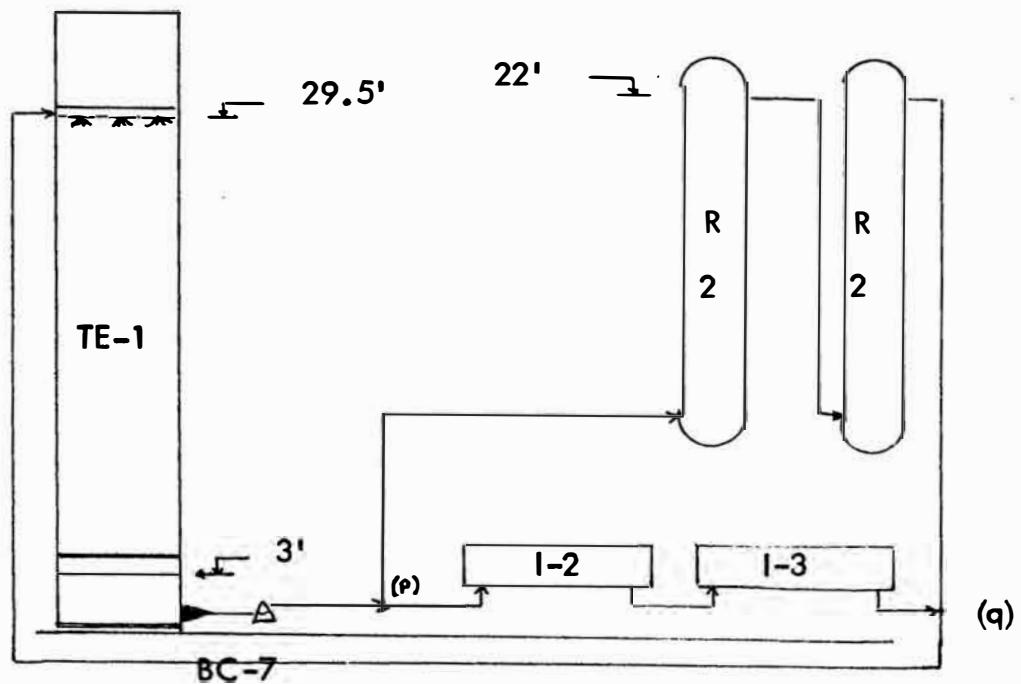
Altura total de columna líquida:

$$H_t = 28.5 + 6.8 + 0.26 = 35.6 \text{ ft}$$

b.9 Tramo (TE-1) - (TE-1)

Fluido: agua de enfriamiento

Manipulación: por bombeo (BC-7)



Presión de eyección: $1.52 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Altura de fricción:

$$\Delta H_f = 0.021 \times \left(\frac{3.68^2}{64.40} \right) \left(\frac{213.90}{3.07/12} \right)$$

$$= 3.73 \text{ ft, tramo (p) - (R-1-2) - (q)}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= 0.0255 \times \left(\frac{1.79^2}{64.40}\right) \left(\frac{298.5}{2.067/12}\right) \\ &= 2.18 \text{ ft, tramo (p)-(I-2-3)-(q)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H_f &= 0.020 \times \left(\frac{3.36^2}{64.40}\right) \left(\frac{475.1}{3.548/12}\right) \\ &= 5.7 \text{ ft, tramo (TE-1)-(p-q)-(TE-1)}\end{aligned}$$

Altura estática:

$$\Delta H_e = 29.5 - 3 = 26.5 \text{ ft}$$

Altura de presión:

$$\begin{aligned}\Delta H_p &= \left(\frac{1.52 \times 14.7}{1.033}\right) - 14.7 \frac{144}{62.4} \\ &= 16 \text{ ft}\end{aligned}$$

Altura de velocidad:

$$\Delta H_v = \frac{3.36^2 - 0}{64.4} = 0.18 \text{ ft}$$

Altura de columna líquida en el sistema de reacción (H_{R12}):

$$\Delta H_{R12} = 0$$

Altura de columna líquida en el intercambiador de calor I-2:

$$\Delta H_{IC2} = 1.07 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 2.5 \text{ ft liq.}$$

Altura de columna líquida en el intercambiador de calor I-3 :

$$\Delta H_{IC3} = 3.4 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} = 7.85 \text{ ft liq.}$$

Altura total de columna líquida en el sistema (TE-1) -
(R-1-2) - (TE-1) :

$$H_t = (3.73 + 5.7) + 26.5 + 16 + 0.18 \\ = 52.11 \text{ ft líquido}$$

Altura total de columna líquida en el sistema (TE-1) -
(I-2-3) - (TE-1)

$$H_t = (2.18 + 5.7) + 26.5 + 16 + \\ 0.18 + (2.5) + 7.85 \\ = 60.90 \text{ ft líquido}$$

Se considera el mayor H_t necesario:

$$H_t = 60.90 \text{ ft líq.}$$

D. SEGURIDAD INDUSTRIAL

D.1 Rotulación e Información

a. Rotulación

Los recipientes que contengan ACM, sobrellevarán el siguiente rótulo:

A C R I L A M I D A
(Propenamida)

Irritación de la piel y los ojos.

El repetido contacto de la piel, inhalación o ingestión, puede causar daños nerviosos.

Evite contacto con la piel, ojos y vestimenta.

Evite la prolongada o repetida respiración del polvo, neblina o vapor.

Asegúrese una adecuada ventilación

Manténgalo fuera del calor.

Primeros Auxilios: En caso del contacto de la piel o de los ojos, choree abundante agua, llame a un médico.

b. Letreros

En las áreas de la planta donde esté presente ACM, se colocará el siguiente letrero:

A C R I L A M I D A

(Propenamida)

Irritación de la piel y de los ojos.

El repetido contacto de la piel, inhalación o ingestión, puede causar daños nerviosos.

Evite contacto con la piel, ojos y vestimenta.

Evite la prolongación o repetida respiración del polvo, neblina o vapor

No ingrese a áreas donde sea usado, a menos que estén ventilados adecuadamente.

D.2 Detención de la toxicidad ambiental de la Acrilamida

Método DPP

a. Interferencias

La Polarografía de Pulso Diferencial (DPP), es razonablemente específico y está relativamente libre de interferencias. Además, el tratamiento previo con la resina de intercambio iónico, remueve las interferencias más comunes,

tales como el ácido acrílico, acrilonitrilo, e iones sodio y potasio. Sin embargo, algunos compuestos reducibles en la misma región potencial (- 2 volt), interferirán. Las acrilamidas sustituidas y los ésteres acrílicos son reducibles en la misma región potencial que la Acrilamida monómero, y si están presentes, interferirán.

b. Aparatos

1. Filtro-Disco de fibra de vidrio, o equivalente.
2. Agitador magnético y barra
3. Analizador polarográfico de pulso diferencial (modelo 174 de la Princeton Applied Research Co.-PARC), equipado con un "Droptimer" de la PARC, o equivalente.
4. Un registrador bidimensional (X - Y), o equivalente.
5. Una celda polarográfica de 10 cm³, equipada con un electrodo de mercurio a gotas, un electrodo de alambre de platino y un electrodo de referencia de calomel conectado a la celda a través de un puente de cloruro de tetra-n-butil amonio.
La celda estará equipada para desaerear, con un solvente saturado, oxígeno libre de nitrógeno.
6. Una torre de lavado de gas, llena con una solución de metanol-agua (80 : 20) para el lavado de nitrógeno.

7. Una pipeta Eppendorf de 100 microlitros, o equivalente.
8. Un vaso lavador
9. Vasos de 10 y 20 cc.
10. Frascos volumétricos de 100 y 250 cc.

c. Reactivos

1. Metanol, grado reactivo ACS
2. Solución metanol - agua (80 : 20)
3. Nitrógeno, libre de oxígeno (pre-purificado)
4. Resina de intercambio iónico: "BIO-RAD Analytical Grade Mixed Bed Resin Ag 501-X8", o equivalente.
5. Cloruro de tetra-n-butil Amonio (1 M), grado polarográfico
7. Acrilamida purificada
8. Solución patrón de Acrilamida: pesar exactamente 0.20 gr ACM y transferirlo a un frasco de 100 cc., diluyéndolo con una solución metanol - agua (80:20) La solución resultante contendrá aproximadamente 200 microgramos de ACM por cc.

d. Preparación de la resina mezclada de intercambio iónico

1. Llenar hasta la mitad un frasco de 16 onzas, de la resina especificada en (c)
2. Añadir 200 cc de metanol y agitar por 8-24 horas. La botella debe estar herméticamente cerrada.

3. Decantar el solvente a través de un filtro de succión, y lavar dos veces la resina (por decantación desde el frasco), usando la solución metanol - agua (80:20).
4. Transferir la resina al filtro y lavar dos veces más con la solución 80:20.
5. Secar con aire hasta que la resina se deje caer de una espátula inclinada

Este procedimiento de lavado, proporcionará una resina conteniendo igual mezcla de iones hidrógeno e hidróxido.

e. Procedimiento Analítico

1. Medir el volumen de cada muestra con una exactitud de 0.1 cc. Registrar el volumen como V.
2. Añadir metanol: 4 veces el volumen medido en (1).
3. Colocar 15 cc de la solución en (2), en un vaso de 20 cc. Añadir 1 gramo de la resina preparada y una barra magnética de agitación.
Cubrir el vaso con una tapa de vidrio y colocarlo sobre un agitador magnético. Agitar por 20 minutos
4. Preparar un reactivo blanco, tal como en (3), usando 15 cc de la solución metanol - agua en lugar de la solución muestra.
5. Transferir 10 cc. de extracto de resina tratada del reactivo blanco, a la celda polarográfica, y añadir 0.5 de hidróxido de tetra-n-butil Amonio (1M).

6. Insertar los electrodos en la celda y desaerar por 5 minutos, purgando con nitrógeno.
7. Manipular el voltaje desde - 1.6 a - 2.4 V versus el electrodo de calomel saturado, y registrar el polarograma de pulso diferencial con intervalos de corriente de 2 Amp para la escala completa, una altura de pulso de 50 mV, un tiempo de goteo de 0.5 seg, y una velocidad de examen de 10 (mV/seg).
8. Repetir (5-7), empleando 10 cc de muestra de resina tratada.
9. Añadir 0.1 cc. de solución patrón de ACM (20 microgramos), con una pipeta Eppendorf de 100 microlitros a cada una de las muestras y repetir (6) y (7). Registrar los microgramos de ACM añadidos.
10. Medir la altura de pico de la muestra para - 2 V, corrigiendo alguna lectura incoherente, antes (valor A) y después (valor B) de añadir ACM, tal como en (9).

f. Cálculos

1. Determinar,

$$F = \frac{\text{microgramos de ACM añadidos}}{B - A}$$

2. Calcular los microgramos totales de ACM en la muestra de aire, según la siguiente ecuación:

$$\mu\text{gr ACM (muestra)} = \frac{5 \times (A) \times (F) \times (V)}{10}$$

3. Calcular la concentración (mgr/Mt³) de ACM en la muestra de aire, según la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{mgr ACM}}{\text{Mt}^3 \text{ aire}} = \frac{\text{total } \mu\text{gr ACM en la muestra}}{\text{Volumen total muestra aire en (lt)}}$$

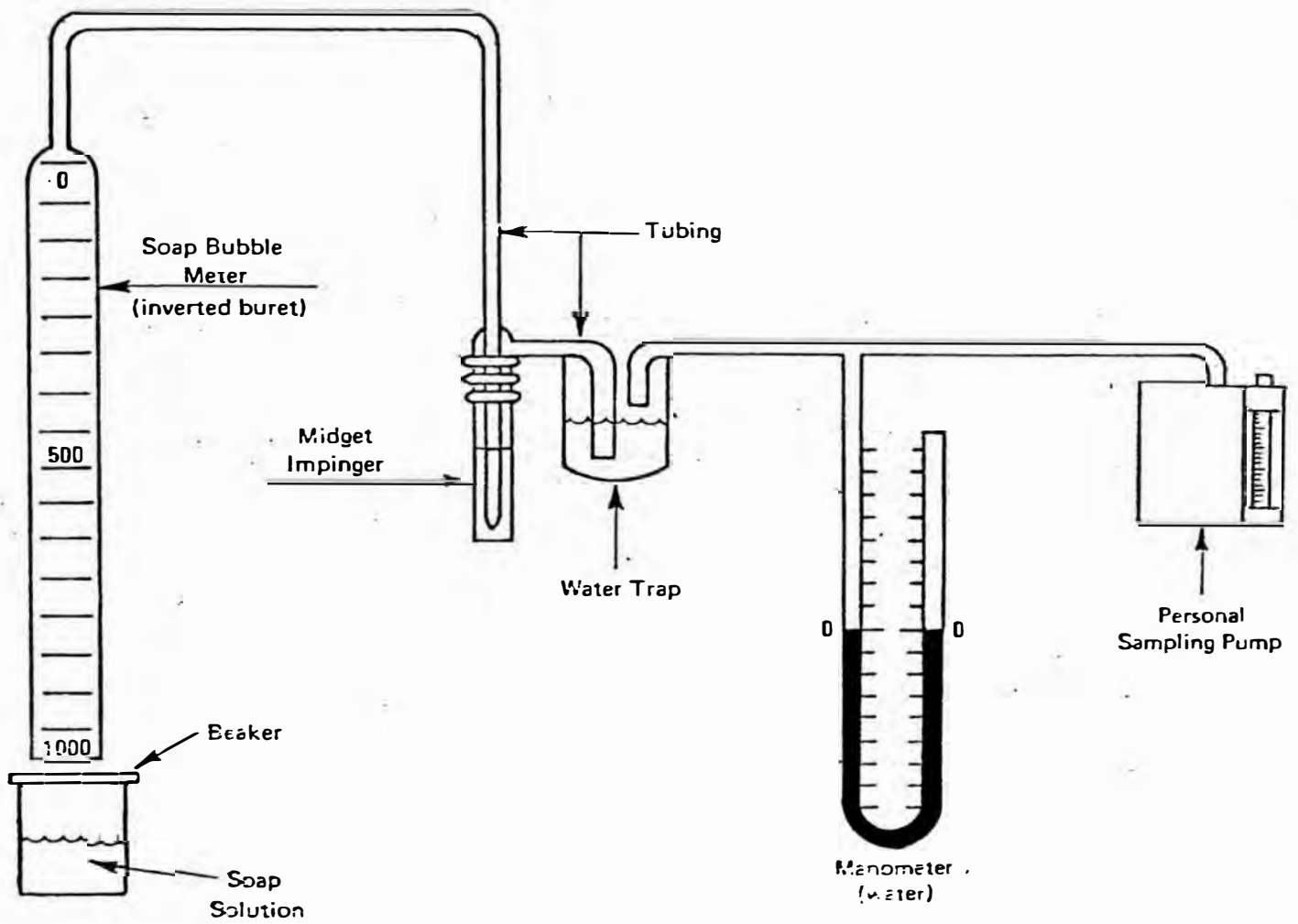


FIGURE C. 4.3 CALIBRATION SETUP FOR PERSONAL SAMPLING PUMP WITH MIDGET IMPINGER

ANEXO E

E-1 Cálculo del Costo de Materia Prima Importada

Valor FOB para 1 lb. de ACN : \$ 0.485

Valor FOB para 1 Kg. de ACN : \$ 1.067

Para 1 Ton.	FOB	\$	1,067.0
	Flete		96.0
	Seguro		<u>31.9</u>
	CIF	\$	1,194.9 x 670 = 800,565

GASTOS de Aduana (P.A. 29270001)

	Ad-Valorem (11.5 %)	92,065
Impuesto General a las Ventas		
	(I.G.V. 16 %)	<u>142,821</u>
	Otros + Agente	<u>32,023</u>
Total Aduana	\$	266,909

Costo/Tonelada \$ 1'067,474

donde el I.G.V./Tonelada \$ 142,821.

E-2 Cálculo del Costo de las Resinas de Intercambio Iónico

A. Costo de la Resina de Intercambio Catiónico (R.I.C.)

Valor FOB (puerto americano)

para 1 ft³ de R.I.C. : \$ 67.20

para 1 ft³ FOB \$ 67.20

FLETE 6.00

Seguro 2.00

CIF \$ 75.20 x 670 = 50,434

Gastos de Aduan (P.A. 38190800)

Ad-Valorem (23 %) 11,600

Decreto Ley 22342 (1 %) 504

I.G.V. (16 %) 10,006

Otros + Agente 2,017

Total Aduana S/.24,127

Costo Total: S/. 74,561 / ft³

B. Costo de la Resina de Intercambio Aniónico
(R.I.A.)

Valor FOB (puerto americano)

para 1 ft³ de R.I.A. : \$ 186.80

Para 1 ft³ FOB \$ 186.80

Flete 16.80

Seguro 5.60

CIF \$ 209.20 x 670 = S/. 140,163

Gastos de Aduan (P.A. 38190800)

Ad-Valorem (23 %) \$ 32,237

Decreto Ley 22343 (1 %) 1,402

I.G.V. (16 %) 27,808

Otros + Agente 5,606

Total Aduana \$ 67,053

Costo Total: S/. 207,216 / ft³

E-3 Cálculo del Costo del Catalizador

Requerimiento: Se requiere para cada reactor un volumen de 22.14 ft³ de Catalizador.

Cu₂O-Cr₂O₃

Costo del Catalizador

Para 1 ft ³	FOB	\$ 232.0
	Flete	20.9
	Seguro	<u>6.9</u>
	CIF	\$ 259.8 x 670 = \$ 174.061

Gastos de Aduan (P.A. 38190900)

Ad-Valorem (23%)	40,034
Decreto Ley 223242 (1%)	1,741
I.G.V. (16 %)	34,534
Otros + Agente	<u>6,962</u>
Total Aduana	\$ 83,271

COSTO TAL: \$ 257,332/ft³

Costo Total del Catalizador por cada REACTOR:

$$22.14 \text{ ft}^3 \times \text{S/. } 257,332/\text{ft}^3 = \text{S/. } 5'697,330$$

Como se puede observar en el Cuadro 10.17, en el año 1 se adquiere el catalizador necesario para el primer reactor; posteriormente en el quinto año de vida del proyecto; debido a la ampliación de la planta se pone en funcionamiento otro reactor, para lo cual es necesario adquirir una cantidad de catalizador similar a la del primer reactor.

Costo de Reactivación.

El Costo de Reactivación anual del catalizador; de acuerdo a datos del proveedor se estima en un 15 % del costo del mismo, o sea S/. 854,600 por año.

E-4 Requerimiento y Frecuencia Anual de Importación de ACN, y Transporte Diario a la Planta

La frecuencia de cada pedido será con intervalos de quince días; provenientes dichos pedidos de Los Estados Unidos, pudiendo ser Dow Chemical Co. o American Cyanamid Co. los proveedores.

Debido a que serán 330 los días laborables, el número de pedidos por año será de 22.

Será firmado con la Empresa Petróleos del Perú un contrato de servicio de descarga, almacenamiento y despacho; el cual será renovado cada 15 días.

En el Cuadro adjunto se observan los requerimientos de ACN por pedido y por día.

E-4 (Continuación)

Requerimiento de ACN por pedido y por día

DESCRIPCION/AÑOS	1983	1984	1985	1986	1987
Requerimiento de ACN (TM)	2,613	2,613	2,613	2,613	3,658
Pedido x año	22	22	22	22	22
Cantidad de ACN x pedido (TM)	118.8	118,8	118,8	118.8	166.3
Cantidad transportada por día a la Planta (TM)	7.9	7.9	7.9	7.9	11.0
DESCRIPCION/AÑOS	1988	1989	1990	1991	1992
Requerimiento de ACN (TM)	3,658	4,180	4,180	4,703	4,703
Pedidos x año	22	22	22	22	22
Cantidad de ACN x pedido(TM)	166.3	190.0	190.0	213.8	213.8
Cantidad Transportada por día a la Planta (TM)	11.0	12.7	12.7	14.2	14.2

ANEXO "F"

1. IMPUESTO AL PATRIMONIO EMPRESARIAL

Mediante el Decreto Legislativo No. 213 del 12 de Junio de 1981, publicado el 15 del mismo mes y año, se ha racionalizado la aplicación del Impuesto del Patrimonio Empresarial creado por el D.L. 19654, evitando que un mismo patrimonio sea gravado varias veces. Asimismo, se establece los tramos de la escala en base a Unidades Tributarias, a efecto de que dichos tramos se reajusten cada año en forma automática.

El impuesto se calculará mediante la aplicación - de la escala acumulativa siguiente:

BASE IMPONIBLE

	<u>TASA</u>
Hasta 9 UIT	1.5 %
Más de 9UIT Hasta 29 UIT	1.8 %
Más de 29 UIT	2.5 %

Siendo 1 UIT = S/. 600,000

2. Impuesto a la Renta

Mediante el Decreto Legislativo No. 200 del 12 de Junio de 1981, publicado el 15 del mismo mes y año, se ha racionalizado la aplicación del impuesto a la renta creado por el D.L. 19654. Asimismo, se establece los tramos de la escala en base a Unidades Tributarias, a efecto de que dichos tramos se reajusten cada año en forma automática.

El impuesto a cargo de las personas jurídicas domiciliadas en el país se determinará mediante la aplicación de la siguiente escala sobre su renta imponible.

RENTA IMPONIBLE

	<u>TASA</u>
Hasta 150 UIT	30 %
Por el exceso de 150 UIT y hasta 1,500 UIT	40 %
Por el exceso de 1,500 UIT y hasta 3,000 UIT	50 %
Por el exceso de 3,000 UIT	55 %

Siendo 1 UTI = S/. 600,000.00

R E F E R E N C I A S

1. Bikales N.M., Kolodny E.R.: "ACRYLAMIDE"
Kir - Othmer "Encyclopedia of Chemical Technology"
Segunda Edición Revisada, New Yor, Interscience
Publishers, 1963. Vol. 1
2. "ACRYLAMIDE POLYMERS"
Considine "Chemical and Process Technology Encyclo-
pedia", Mc Graw Hill
3. "CHEMISTRY OF ACRYLAMIDE"
"Technical Bulletin American Cyanamid Co.", Process
Chemicals Dept., Wayne - New Jersey, 64 pag's 1969
4. Linke W.F.: "POLYACRYLAMIDE AS A STOCK ADDITIVE"
"Tappi", Vol. 45. 45, No. 4, Abril 1962, p.326-332.
5. Rogers D.W., Poling G.W.: "COMPOSITIONS AND PERFOR
MANCE CHARACTERISTICS OF SOME COMERCIAL POLYACRILA-
MIDE FLOCCULANTS"
"Canadian Mining and Metallurgical Bulletin" (CIM
BULL), May 1978, p.152-157.
6. McCarty M.F., Gison R.S.: "POLYACRYLAMIDES FOR MI-
NING INDUSTRY"
"Mining Engineering", Jan 1959, p. 61-65.
7. Matsuda F.: "ACRYLAMIDE PRODUCTION SIMPLIFIED"
"Chemical Technology" (Chemtech), May 1977, p.
306-308.
8. "B.T.I. FLOCCULANTS", Data Sheets
"Technical Bulletin B.T.I. Chemicals ltd.", Brad-
ford England, 10 pag's

9. "CARACTERISTICAS DE LOS FLOCULANTES TIPO POLIACRI
LAMIDA"
"Technical Bulletin Praestrol Flocculants", Chemis
che Fabrik Stockhausen & Cie Krefeld, 10 pag's
10. Sparlin D.D.: "AN EVALUATION OF POLYACRYLAMIDES
FOR REDUCING WATER PRODUCTION"
"Journal of Petroleum Technology", Vol. 28, Aug
1976, p. 906-912
11. Jennings R.R.: "PRACTICAL DESIGN OF MOBILITY
CONTROL POLYMER PROJECTS"
Mobility Control Agents Section - "Enhanced Reco-
very Using Polymers" Report, Dowell Division of
Dow Chemical USA, March 1978, 2 pag's
12. "LABORATORY TEST PROCEDURES FOR POLYACRYLAMIDE
POLYMER"
"Enhanced Recovery Using Polymers" Report, Dowell
Division of Dow Chemical USA, March 1978, 15 pag's
13. "POLYMERS FOR ENHANCED OIL RECOVERY"
"Enhanced Recovery Using Polymers" Report, Dowell
"Enhanced Recovery Using Polymers" Report, Dowell
Division of Dow Chemical USA, March 1978
14. Carpenter E.L., Davis H.S.: "ACRYLAMIDE. ITS PRE-
PARATION AND PROPERTIES"
"Journal Applied Chemistry", 7 Dec. 1957, p. 671
676.
15. "ACRYLAMIDE 50 %".
"Technical Bulletin American Cyanamid Co.", Wayne
New Jersey, Process Chemical Dept., 16 pag's.

16. Grinding N., Wheel Co Ltd., British Patent 535, 175 (1941).
"Chemical Abstract", Vol. 36, p. 1413, 1942
17. Shields: "Adhesivs Handbook", London - Butternorths p.80, 1973.
18. Farbenind I.G., French Patent 813, 847 (1937)
"Chemical Abstract", Vol. 32, p. 1015, 1938
19. Warson H.: "The Aplications of Sintetic Resins Emulsions", Primera Edición, Ernest Bern Ltda, p.747, 1972
20. "FLOTATION FUNDAMENTALS AND MINING CHEMICALS"
Dow Chemical Company, 80 pags's, 1976
21. Woodberry N.T.: "A NEW ANIONIC POLYACRYLAMIDE FLOCCULANT"
"Tappi", Vol. 44, No. 9, p. 156A - 160A, Sept. 1961
- 22 Reynolds J.F., Ryan R.F.: "A NEW POLYACRYLAMIDE - TYPE FLOCCULANT FOR IMPROVED FILLER RETENTION"
"Tappi", Vol. 40 No. 11, p. 918 - 920, Nov. 1957
- 23 Chang H.L.: "POLYMER FLOODING TECHNOLOGY - YES-TERDAY TODAY AND TOMORROW"
Society of Petroleum Engineers of AIME (SPE 7043)
p 55 - 70, 1978
24. Rensvold R.F., Ayers H.J., Carlisle W.C.: "RECOMPLETION OF WELLS TO IMPROVE WATER OIL RATION"
Society of Petroleum Engineers of AIME (SPE 5379)
8 pag's 1975.

25. Coover H.W., Dickey J.B., U.S. Patent 2,620, 324 (1952)
26. American Cyanamid Co., U.S. Patent 2,558,781 (1951)
27. Gnaedinger J.P.: "SOIL STABILIZATION BY INJECTION TECHNIQUES"
"Industry & Engineering Chemistry" (IEC), Vol. 47 No.11, p.2249-2253, Nov. 1955.
28. Lauritzen C.W.: "SOIL STABILIZERS FOR SEEPAGE CONTROL IN IRRIGATION CANALS AND RESERVOIRS"
"Industry & Engineering Chemistry" (IEC), Vol.47
29. Olson D.A.: "ACRYLONITRILE", Monsanto Co.
"Chemical Engineering Process" (CEP), Nov. 1977, p.42-45.
- 30 Riegel - Kent: "Industrial Chemistry"
Induperú - Lima
- 31 Strepikhejev: "A FIRST COURSE IN POLYMER CHEMISTRY"
Moscow, 1971.
Manufacturas Nylon S.A. - Lima.
32. Amano K., etc. al.: "PRESERVATION OF FISH SAUSAGE WITH TYLOSIN, FURYL FURAMIDE, AND SORBIC ACID"
"Food Technology", Vol. 22, p. 69 - 73, Jul, 1968
- 33 Iwasaki T., et. al.: "HERBICIDAL ACTIVITY OF NOVEL ACRYLAMIDES".
"Journal Agricultural Food Chemistry", Vol. 25, No.6, 1977, p. 1413-1416.
34. "IDENTIFICACION DE OPORTUNIDADES DE FIBRAS SINTETICAS ARTIFICIALES Y PRODUCTOS AUXILIARES TEXTILES A NIVEL ANDINO"
Consultores Andinos S.A., Lima-Perú, Julio 1973.

35. "PROGRAMA SECTORIAL DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROQUIMICA", Propuesta No. 44
Junta del Acuerdo de Cartagena, Marzo 1974
36. "NEW CATALYTIC ROUTE TO ACRYLAMIDE"
"Chemical Engineering", Vol. 80, Nov. 26, 1973,
p. 68, 69.
37. Riedel L. "CHEMICAL ENGINEERING TECHNOLOGY", Vol.
24, 1992, p. 353-357.
38. Lydersen A., Trabajo no publicado (1954)
39. Riedel L. "Z. ELEKTROCHEMICAL", Vol. 53, 1949,
p. 222-228
40. Hougen, Watson, Ragats. "PRINCIPIOS DE LOS PROCESOS QUIMICOS", Tomo I, 1975. Editorial Reverté.
41. Ing. Oscar A. Almenara: "Físico-Química", Boletín No. 5 - Universidad Nacional de Ingeniería, 1971, p.83.
42. A. y E. Roce
"Diccionario de Química y de Productos Químicos
Editorial Omega, p.54.
43. Perry J.H.:
"Manual del Ingeniero Químico", Traducción de la Tercera Edición, 2 Tomos, 1978, Editorial UTEHA
44. Meissner H.P.: "CHEMICAL REACTION EQUILIBRIA"
"Industrial Engineering Chemistry" (IEC), Vol.40,
May 1948, p. 904.
45. Smith J., VanNess H.
"Introduction to Chemical Engineering Thermodyna-

- mics". Tercera Edición.
46. Blanco J., Linarte R.
"Catalisis", Editorial Trillas, México, 1976
 47. Thomas Ch. L.
"The Catalytic Processes and Proven Catalysis",
Academic Press INC., London, 1970
 48. Smith J.M.
"Chemical Engineering Kinetics", Segunda Edición
 49. Kern D.Q. :
"Procesos de Transferencia de Calor" 13va. Edición
1979, Editorial C.E.C.S.A.
 50. McCabe, Smith
"Operaciones Básicas de Ingeniería Química", Edi-
torial Reverte, 2 Tomos, 1975
 51. Mustafa El - Rifai: "ESTIMATE EQUIPMENT WEIGHTS"
"Hydrocarbon Processing" (HP), Sep. 1979, p.
225-226.
 52. Fox E.A., Gex V.E.
"Aiche Journal", Vol. 2, 1956, p. 539
 53. Wuithier P.
"El Petróleo, Refino y Tratamiento Químico",
2 Tomos, 1973
 54. Dimoplon W. : "WHAT PROCESS ENGINEERS NEED TO
KNOW ABOUT COMPRESSOR"
"Hydrocarbon Processing" (HP), May 1978, p. 221
227.

56. Auld R.B., Bedweld S.F.: "PERIPHERAL NEUROPATHY WITH SYMPATHETIC OVER ACTIVITY FROM INDUSTRIAL CONTACT WITH ACRYLAMIDE"
"Canadian Medical Assoc. Journal". Vol. 96, p. 562 - 564, 1967
57. Graveleau J., et. al.: "POLYNEURITIS CAUSED BY ACRYLAMIDE"
"Revue Neurological" (Paris), Vol. 123, p. 62 - 65 1970
58. Cavigneaux A., Cabasson G.B.: "ACRYLAMIDE POISONING" "Arch. Mal. Prof. Med Trav. Secur. Soc." Vol. 33, p. 115-116, 1972, Francia.
59. Morviller P.: "An Industrial Poison Little Known in France ACRYLAMIDE"
"Arch. Mal. Prof. Med. Trav. Secur. Soc.", Vol.30 p.527-530, 1969, Francia.
60. Garland T.O.: "SIX CASES OF ACRYLAMIDE POISONING" "Medical Journal", Vol. 4, p. 134 - 138, 1967.
61. Takahashi M., et. a.: "ELECTROPHYSIOLOGICAL STUDY OF NERVE INJURIES IN WORKERS HANDLING ACRYLAMIDE"
"Inst. Arch. Arbeitsmed", Vol. 28, p 1 - 11,1971
62. Igisu H., et. al.: "ACRYLAMIDE ENCEPHALO-NEUROPATHY DUE TO WELL WATER POLLUTION"
"J. Neurol. Neurosurg Psychiatry", Vol. 38, 1975 p. 581-584.
63. Fujita A., et.al.: "CLINICAL OBSERVATIONS OF THREE CASES OF ACRYLAMIDE POISONING"
"Nippon Ijo Shimpo", Vol, 1869, p 37 - 40, 1961, Japon.

64. Brinkley D.R. :
Written Comunication, Jun 1976, Vistron Corporation
65. "PLANT OBSERVATION REPORTS AND EVALUATION"
Menlo Park California, Stanford Research Institute,
April 1976, 136 pag's (suministrado a NIOSH bajo
contrato No. CDC - 99 - 74 - 31)
66. Reporte NIOSH: "OCCUPATIONAL EXPOSURE TO
ACRYLAMIDE" U.S. Dept. of Health, Education, and
Welfarc, Oct. 1976, 127 pag's
67. "DETERMINATION OF SUBLIMED ACRYLAMIDE IN AIR"
Unpublished Report Submitted to NIOSH by Rohm &
Haas Co., Philadelfia, 1976, 6 pag's
68. "PROCEDURE FOR SAMPLING AND ANALYSIS OF AMD IN THE
ATMOSPHERE USING WATER FOR ADSORPTION"
American Cyanamid Co., Linden-New Jersey,
Technical Services Dept., Process Chemicals
Section, 1975, 2 pag's.
69. Croll B.T.: "THE DETERMINATION OF ACRYLAMIDE IN
POLYELECTROLYTES BY EXTRACTION AND GAS - CHROMATO-
GRAPHIC ANALYSIS"
"Analyst", Vol. 96, p. 67-77, 1971.
70. Mattocks A.R.: "SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION
OF PYRAZOLINES AND SOME ACRYLIC AMIDES AND ESTER"
"Analytic Chemistry", Vol. 40, p.1347 - 1349, 1968
71. "DETERMINATION OF ACRYLAMIDE MONOMER BY REFRACTIVE
INDEX" Analytical Method PAA No. 43
Do Chemical Col, Midland - Mich., Dow Chemical USA
Designed Products Dept., 1976, 6 pags.

72. "DETERMINATION OF ACRYLAMIDE IN WATER SOLUTIONS"
Analytical Method PAA No. 33.
Dow Chemical Co., Midland ' Mich., Dow Chemical
USA, Designed Products Dept., 1976, 4 pag's.
73. McWilliams D.C., et.al.: "POLAROGRAPHIC AND
SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF ACRYLAMIDE IN
ACRYLAMIDE POLYMERS AND COPOLYMERS"
"Analytic Chemistry", Vol. 37, p.1546'1552, 1965
74. "Betso S.R., McLean J.D.: "DETERMINATION OF
ACRYLAMIDE MONOMER BY DIFFERENTIAL PULSE POLARO
GRAPHY" (DPP), Paper Submitted for Publication
in Anal. Chem.
75. "SAMPLING AND ANALYTICAL METHOD FOR THE DETERMINA-
TION OF TRACE AMOUNTS OF ACRYLAMIDE MONOMER IN AN
INDUSTRIAL ENVIRONMENT" - Analytical Method PAA
No.46 Dow Chemical Co., Designed Products Dpto.,
1976, 10 pag's.