

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



**"FABRICACION DE MELAMINA
A PARTIR DE UREA"**

PEDRO MARIO DE LA GARZA GOROSTIETA

INGENIERO QUIMICO

1 9 7 5



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

CLAS. Tesis
ADQ. 1945
FECHA
PROC. 116-129



QUIMICA

Jurado asignado originalmente según el tema:

PRESIDENTE: Quím. Julio Terán Zavaleta.

V O C A L: Ing. Carlos Doorman Montero.

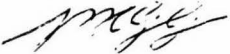
SECRETARIO: Dr. Francisco Barnes de Castro.

1er. SUPLENTE: Ing. Antonio Frías Mendoza.

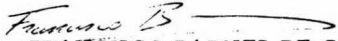
2o. SUPLENTE: Ing. Mario Ramírez y Otero.

Sitio donde se desarrolló el tema: FACULTAD DE QUIMICA.

Nombre y firma del sustentante:


PEDRO MARIO DE LA GARZA GOROSTIETA.

Nombre y firma del asesor del tema:


—DR. FRANCISCO BARNES DE CASTRO.

"El Señor hizo

en mi maravillas

grande es El"

"Con profundo amor y

agradecimiento a mis padres,

a cuyo sacrificio debo todo"

*"Mi más sincero reconocimiento de
gratitud para todas aquellas personas*

*que me brindaron su orientación y
apoyo durante mi formación, y para*

*todos los que con su colaboración
hicieron posible la realización de*

este trabajo"

I N D I C E

	<i>Página</i>
<i>INTRODUCCION.</i>	2
<i>CAPITULO I GENERALIDADES.</i>	6
<i>CAPITULO II ESTUDIO DE MERCADO.</i>	15
<i>CAPITULO III ALTERNATIVAS DE PROCESO.</i>	40
<i>CAPITULO IV LOCALIZACION DE LA PLANTA.</i>	73
<i>CAPITULO V COMPARACION ECONOMICA DE ALTERNATIVAS.</i>	90
<i>CAPITULO VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.</i>	101
<i>CAPITULO VII BIBLIOGRAFIA.</i>	108

I N T R O D U C C I O N

Nuestro país sigue un proceso de integración industrial acelerado, pero a pesar de sus continuos avances se necesita seguir importando productos de gran interés. Uno de estos productos es la melamina, usada en la elaboración de resina termoplástica obtenida por condensación con formaldehído, y que a su vez es empleada como materia prima para la elaboración de artículos moldeados y en las industrias de pinturas y adhesivos. El gran auge que ha tenido la industria plástica ha ocasionado que se importen grandes cantidades de este producto que, en el año de 1974, llegaron a significar una erogación cercana a los veinte millones de pesos. Esto trae como consecuencia una gran fuga de divisas para el país y un atraso en su desarrollo industrial.

Ante un período de auge excepcionalmente fuerte, la industria básica de plásticos en México, se enfrenta en la actualidad a problemas cada día mayores para surtir la demanda. Debido al crecimiento de las industrias de productos de consumo, automotriz y de la construcción, y a la introducción de nuevos usos para los plásticos, durante los últimos meses del año pasado los fabricantes se han visto seriamente afectados por la falta de capacidad y la escasez de materias primas claves, tales como el monómero de cloruro de vinilo, la melamina y el estireno.

A pesar de los problemas de hoy en día, se espera que durante los próximos años la industria mexicana de plásticos registre uno de los crecimientos más rápidos al mantener un ritmo promedio de desarrollo de - por lo menos el 15% anual, y algunos observadores de la industria estiman que la tasa podría muy bien llegar a promediar de 18 a 20%.

Una de las razones para anticipar este fuerte crecimiento se basa en - que, en México, el consumo per capita de plásticos es todavía bastante bajo, no obstante el aumento en consumo de 75% desde 1966 a 1972.

A finales del año pasado el consumo per capita fue de 4.85 kilogramos, cifra entre cinco y ocho veces menor a la de los países industrializados. En este momento, la industria espera que para 1980 dicho consumo pueda elevarse, cuando menos, a 10 ó 12 kilogramos anuales. Por lo tanto, es imperiosa la necesidad de aumentar el crecimiento de las industrias productoras de estas materias primas.

En este trabajo se pretenden establecer las bases para la instalación de una planta productora de melamina dentro del país.

Primeramente se analizan las condiciones actuales y futuras del mercado. Se describen los procesos que para este fin se han desarrollado co-

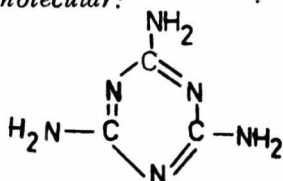
mercialmente, haciendo una deescalación de estos procesos se obtiene el costo fijo probable para cada tecnología conocida, de acuerdo a las capacidades propuestas basadas en el consumo actual (la tasa anual de crecimiento es de 20 millones/año) y de un posible mercado de exportación. Finalmente se hace un estudio de localización del proyecto, tomando como base la integración de este con una de las tres plantas de urea que existen en el país. Con este fin se sugiere como la más adecuada para realizar el proyecto, la que se encuentra en Salamanca, - Gto., para surtir la demanda local del producto y con vistas a un posible mercado de exportación la que se encuentra localizada en Minatitlán, Ver., dadas las condiciones de desarrollo industrial que estas zonas presentan.

Este trabajo no pretende ser determinante para la toma de una decisión definitiva sobre la realización del proyecto, si no que sólo pretende, - dentro de las facilidades obtenidas para realizarlo; ser un paso firme para estructurar una posterior decisión de acuerdo a pasos subsecuentes que la compañía o personas interesadas en él, deben dar dentro de las posibilidades posteriores que se obtengan para tal fin.

C A P I T U L O I

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

La melamina fue descubierta por J. Liebig en 1834, y algunos años después se le conoció como la triamida del ácido cianúrico, el cual tiene - la siguiente fórmula molecular:



Cien años después se descubrió que los productos de condensación obtenidos con formaldehído y melamina podían ser tratados para obtener resinas de gran valor, pero no llegó a comercializarse si no hasta 1940, pasando de ser una sustancia de laboratorio a un producto industrial. En la actualidad la melamina es una sustancia de gran importancia en la industria de los plásticos y sus derivados, llegando la producción mundial en 1970 a ser del orden de las 200,000 ton/año, siendo los países de mayor producción los Estados Unidos de Norteamérica, Japón y Alemania Federal. La tasa de crecimiento de la producción, ha sido calculada en 10% anual.

1.1. PROPIEDADES DE LA MELAMINA:

Es un material blanco cristalino; tiene una temperatura de fusión de 354°C y con frecuencia se forma por abajo de esa temperatura. Cuando se calienta a bajas presiones, sublima tal como se muestra en la siguiente tabla:

TABLA 1. 1.

<i>Presión (mm. Hg.)</i>	<i>Primera Sublimación (T°C)</i>	<i>Sublimación Rápida (T°C)</i>	<i>Moles NH₃/hr. por 100 moles de melamina</i>
3	190	280	0.38
23	210	290	0.50
50	220	300	0.56
196	250	320	1.77
772	270	330	2.50

La primera sublimación es cuando la primera partícula de melamina se sublima, la segunda es cuando todas las partículas subliman súbitamente. El desprendimiento de amoníaco es una indicación de la condensación de la melamina a productos insolubles, - que se incrementa conforme se va aumentando la temperatura.

Otras propiedades de la melamina se indican en la siguiente tabla:

TABLA 1. 2.	
<u>Peso Molecular</u>	126.13
<i>Temperatura de fusión</i>	354°C
<i>Temperatura de ebullición (°C)</i>	Sublimación
<i>H de formación (Kcal/mol)</i>	112.20

TABLA 1.3.
Solubilidad en 100 partes de:

Agua	Alcohol	Eter
0.5	Soluble	Insoluble

La melamina es soluble en un 5% en agua caliente, mientras que solamente es soluble en un 0.5% en agua fría.

TABLA 1.4.
SOLUBILIDAD DE LA MELAMINA EN AGUA

Temperatura °C	Melamina gr./gr. de agua
20	0.33
35	0.60
50	1.05
75	2.40
100	5.14

1.2. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS:

Son las siguientes:

Tiene buena resistencia a la humedad, al calor y a los ácidos medios. La melamina tiene excelente resistencia a los aceites sol-ventes y grasas; posee intrínsecamente una gran resistencia a la

flama sin la necesidad de reincorporarle retardantes externos, y tiene una buena resistencia al arco eléctrico, también sin el uso de aditivos. La melamina moldeada exhibe alta temperatura de distorsión, buenas propiedades de resistencia mecánica (incluyendo excelente resistencia a los esfuerzos de compresión y torsión), además, son inodoros e insípidos, es decir son excelentes para manejar productos alimenticios (6).

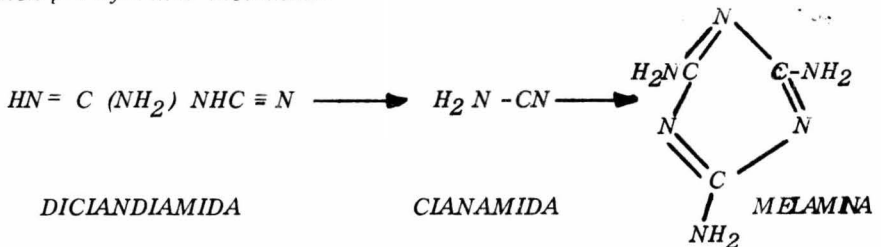
1.3. FABRICACION DE MELAMINA:

Anteriormente la melamina se producía a partir de la cianamida cálcica. En este proceso se partía originalmente de cal, coque y aire. Con la cal y el coque se producía carburo de calcio en un horno eléctrico y, el carburo de calcio obtenido se convertía en cianamida cálcica por nitrogenación en un segundo horno eléctrico. La cianamida cálcica se disolvía en agua en donde se precipitaba el calcio con bióxido de carbono en forma de carbonato de calcio. Posteriormente se filtraba el carbonato de calcio quedando una solución de cianamida en las aguas madres y, por último, esta solución se evaporaba.

Otro proceso para obtener melamina era a partir de la diciandiamida. Este es un proceso de alta presión y se lleva a cabo

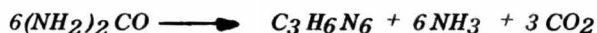
de la siguiente manera: La diciandiamida se calienta con amoníaco bajo presiones de 80 a 150 atm. entre 200 y 300° C; bajo estas condiciones, la diciandiamida se convierte en melamina. Sin embargo la melamina obtenida por este proceso no era de la pureza necesaria requerida para la elaboración de la mayoría de los artículos hechos con este producto. Para obtener una pureza mayor era necesario que el producto se recristalizara con agua, pero como la solubilidad de la melamina, aún en agua hirviente, no es muy alta, este procedimiento resultaba bastante tedioso. Las impurezas eran removidas por adición de sosa cáustica y filtración de la solución caliente agregando un filtro ayuda. Por enfriamiento de esta solución se obtenía la melamina pura; los cristales eran centrifugados, lavados con agua, secados y empaçados.

El mecanismo para la formación de melamina, a partir de la diciandiamida no ha sido completamente claro, pero se piensa que lo más probable es que la diciandiamida primero se convierta en cianamida, la cual se combina con más diciandiamida para formar melamina, o también que tres moles de cianamida se combinan para formar melamina:



En este proceso el amoníaco se desprende a 350°C formándose productos llamados: "Melam" (C₆H₉N₁₁), "Melem" (C₆H₆N₁₀) y "Melon" (C₉H₁₃). Por la condensación de la melamina estas - substancias son muy solubles en agua y no se consideran como - subproductos de la reacción, por lo que cuando ésta se lleva a cabo en presencia de amoníaco las reacciones indeseables de condensación se reprimen.

En años recientes se han investigado por varias empresas los pro cesos de elaboración de melamina a partir de urea y se sabe que, calentando la urea bajo presión, ésta se transforma en melamina. La urea se descompone en melamina, amoníaco y dióxido de car bono bajo las siguientes condiciones:



En este proceso existen dos dificultades principales: corrosión y control de proceso.

La urea fundida es sumamente corrosiva y, como es bien sabido, los reactores de la síntesis de urea, aún cuando usan forros de - Titanio, no logran aún dar resultados totalmente satisfactorios. El control del proceso también reviste una gran importancia ya que existen varias transformaciones posibles en el proceso .

Bajo ciertas condiciones de la reacción la masa tiende a solidificarse en el reactor para formar una mezcla compleja de productos intermedios, los cuales son insolubles en agua y no pueden ser removidos del reactor sino únicamente por medios mecánicos.

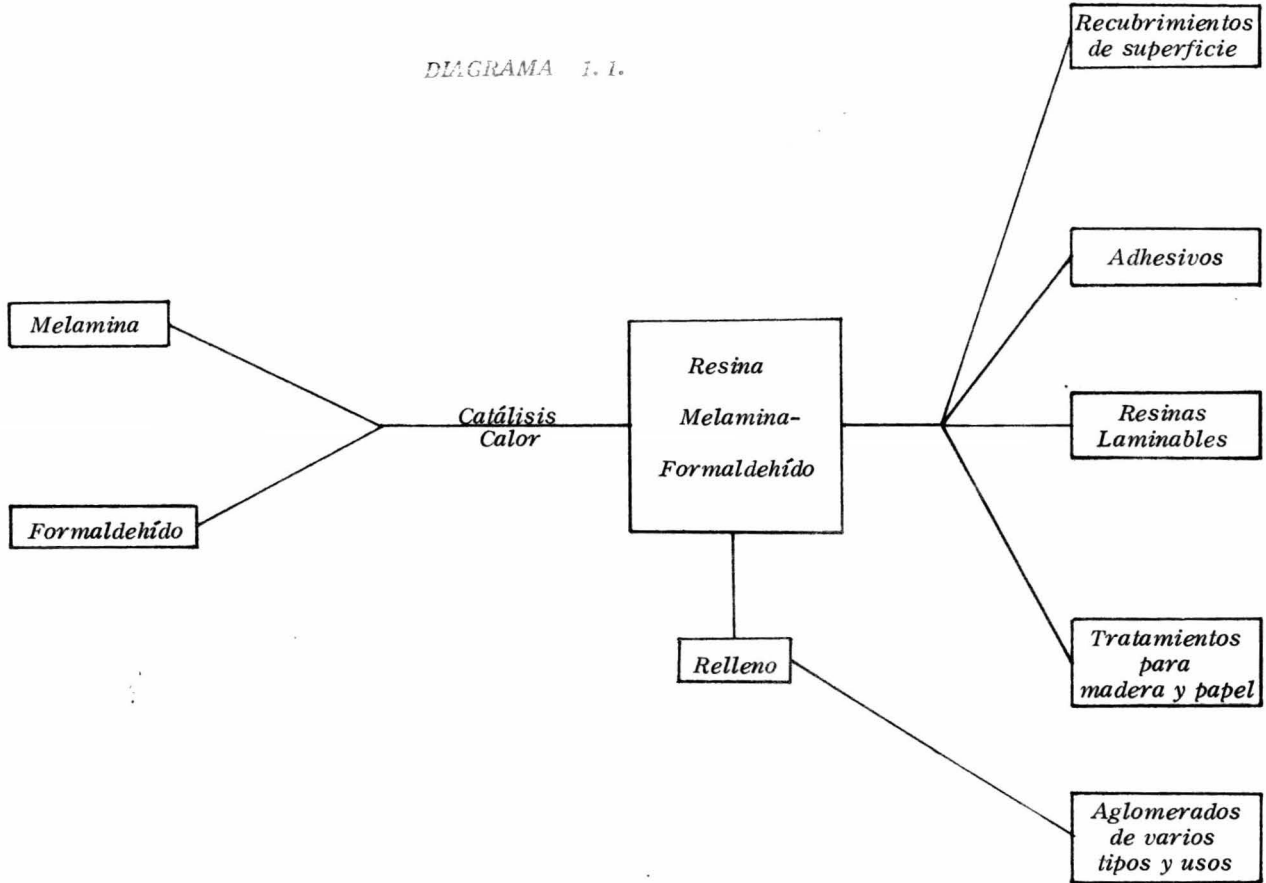
1.4. USOS DE LA MELAMINA:

Las principales aplicaciones son: para adhesivos, láminas y madera entrechapada, como aglomerante de gránulos y fibras de madera, para impermeabilizar papel e impermeables, para tratar telas con el fin de imprimirles planchado permanente, como componente de pinturas. El principal uso de la melamina es el de la fabricación de resinas termo estables, por condensación con formaldehído. Las resinas de melamina-formaldehído encuentran empleo en la obtención de láminas decorativas, artículos para la mesa, artículos moldeados. La melamina también tiene aplicación en la fabricación de pisos suspendidos para la instalación de máquinas computadoras (6).

A continuación se muestra un diagrama de los usos principales de la melamina:

PRINCIPALES USOS

DIAGRAMA 1.1.



C A P I T U L O I I

E S T U D I O D E M E R C A D O

El objetivo del estudio de mercado consiste en estimar la cuantía de los bienes o servicios provenientes de una nueva unidad de producción que la comunidad estaría dispuesta a adquirir a determinado precio. Esta cuantía representa la demanda desde el punto de vista del estudio. Dado que la magnitud de la demanda variará con los precios, es de interés tener presente la necesidad de que el empresario pueda cubrir los costos de producción con un margen razonable de utilidad.

2. 1. MERCADO DEL PRODUCTO:

La estructura del mercado de la melamina en México y en gran parte de los países del mundo. Se ha dividido en dos ramas. - Una que usa a la melamina en formulaciones con otros productos, y otra más grande que usa a la melamina para la fabricación de resinas de melamina-formaldehído. Estas resinas se han venido usando en nuestro país desde 1958.

Las empresas productoras de resinas de melamina-formaldehído en México son:

<u><i>E m p r e s a</i></u>	<u><i>Localización</i></u>
<i>Ind. Resistol, S.A.</i>	<i>Edo. de México</i>
<i>Cyanamid de Méx., S.A.</i>	<i>Jalisco</i>
<i>Henkel Onyx Méx., S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Ind. Química Delgar, S.A.</i>	<i>Sn. Luis Potosí</i>

<u>Empresa</u>	<u>Localización</u>
<i>Ind. Química Formex, S.A. de C.V.</i>	<i>D.F.</i>
<i>Ind. Química Synres, S.A.</i>	<i>Edo. de México</i>
<i>Ingsam, S.A.</i>	<i>D.F.</i>
<i>Materiales Moldeables, S.A.</i>	<i>D.F.</i>
<i>Poliresinas, S.A.</i>	<i>D.F.</i>
<i>Reichhold Química de Méx., S.A.</i>	<i>D.F.</i>
<i>Materiales Moldeables, S.A.</i>	<i>Edo. de México</i>

La producción de las resinas de melamina-formaldehído en los últimos años han sido:

TABLA 2.1.

PRODUCCION DE RESINAS DE MELAMINA-FORMALDEHIDO*
(TONS.) (GRAFICA 1)

<i>Año</i>	<i>Producción</i>	<i>Importación</i>	<i>Exportación</i>	<i>Consumo Aparente</i>
<i>1967</i>	<i>750</i>	<i>132</i>	<i>-</i>	<i>852</i>
<i>1968</i>	<i>1 070</i>	<i>106</i>	<i>-</i>	<i>1 176</i>
<i>1969</i>	<i>1 115</i>	<i>58</i>	<i>-</i>	<i>1 173</i>
<i>1970</i>	<i>1 515</i>	<i>96</i>	<i>-</i>	<i>1 612</i>
<i>1971</i>	<i>1 265</i>	<i>16</i>	<i>-</i>	<i>1 281</i>
<i>1972</i>	<i>1 190</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>1 190</i>
<i>1973</i>	<i>1 734</i>	<i>7</i>	<i>-</i>	<i>1 741</i>

* Datos tomados del anuario: ANIQ - 1973.

Las compañías que emplean melamina para la fabricación de otros productos son:

<u><i>E m p r e s a</i></u>	<u><i>Localización</i></u>
<i>Química Hoechst, S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Industrias Quím. Formex</i>	<i>D. F.</i>
<i>Resistol, S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Metalo Química Méx., S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Cía. Ind. del Norte, S.A.</i>	<i>Coahuila</i>
<i>Ciba Geigy Méx., S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Resinas Sintéticas, S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Pinturas Pittsburgh, S.A.</i>	<i>Edo. de México</i>
<i>Mobil Atlas, S.A. de C. V.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Concentra, S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Fairchild Mexicana. S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>Cía. Nal. de Abrasivos, S.A.</i>	<i>D. F.</i>
<i>ICI Mexicana, S.A. de C. V.</i>	<i>D. F.</i>

Estas compañías son las que han importado el producto en los últimos años.

2.2. **IMPORTACIONES DE MELAMINA:**

Las importaciones de melamina en los últimos diez años fueron:

TABLA 2.2.
 IMPORTACIONES DE MELAMINA 1964-1974+
 (GRAFICA 2 y 3)

Año	Cantidad (kgs.)	Valor (\$)	Principal Exportador
1964	200 889	2'003 821	E. U. A.
1965	337 360	2'140 844	E. U. A.
1966	325 233	1'889 089	E. U. A.
1967	394 230	2'229 633	Inglaterra
1968	587 586	3'030 017	Inglaterra
1969	613 387	2'824 799	Inglaterra
1970	833 518	4'615 901	Inglaterra
1971	696 184	3'904 545	Japón
1972	665 087	3'357 715	Inglaterra
1973	953 574	6'214 642	E. U. A.
1974*	946 136	15'214 339	E. U. A.

+ Anuario Estadístico de Comercio Exterior de los Estados Unidos Mexicanos. S. I. C.

* Hasta agosto de 1974.

Las importaciones provinieron fundamentalmente de E. U. A. e - Inglaterra. Se puede observar que el costo del producto aumentó un 82% aproximadamente en relación con el costo de 1973.

Se observa también que del año 1972 a 1973 se tuvo un aumento en las importaciones de aproximadamente 43.3%.

2.3. PRECIOS DE LA MELAMINA:

Las cotizaciones de este producto en los distintos países productores varió en 1974 de \$10.86/kg. a \$27.20/kg. de acuerdo a la siguiente tabla:

TABLA 2.3.
PRECIOS DE LA MELAMINA EN 1974*

<i>País</i>	<i>Precio</i> (\$/kg.)
<i>Alemania Fed.</i>	27.20
<i>Austria</i>	12.56
<i>E. U. A.</i>	27.03
<i>Japón</i>	19.86
<i>Holanda</i>	10.86
<i>Inglaterra</i>	17.26

* Anuario de Comercio Exterior. S.I. C.

El precio promedio de importación fue de \$19.12/kg.

2.4. MERCADO DE MATERIAS PRIMAS:

La urea, que es la principal materia prima en la fabricación de la melamina, se produce en el país por: Guanos y Fertilizantes de México, S.A. La cual tiene capacidad de 433,500 ton/año y

que se considera suficiente para cubrir las necesidades nacionales para este mercado, tal como se puede ver en el cuadro siguiente:

TABLA 2.4.
MERCADO DE UREA
(Miles/Tons.)

Año	Producción Nacional*	Importación	Exportación	Consumo Aparente
1968	110.8	35.50	7.2	139.0
1969	161.2	12.60	18.8	155.1
1970	158.5	0.76	18.0	141.1
1971	214.2	5.20	69.0	150.4
1972	339.3	1.50	134.9	80.8
1973	363.7	0.019	77.8	285.9

* Datos del Anuario de la ANIQ.

Por lo que se refiere al amoníaco, PEMEX cuenta actualmente con una capacidad de producción de 612,750 ton/año que sumadas a la capacidad que tiene Guanos y Fertilizantes de México, S.A. La capacidad total de nuestro país es de 666,750 ton/año. La cual cubre la demanda nacional, no obstante que se han efectuado algunas importaciones por déficits en nuestras plantas.

TABLA 2. 5.
MERCADO DE AMONIACO
(Miles/Tons.)

Año	Producción Nacional	Importación	Exportación	Consumo Aparente
1968	163.1	176.2	-	339.4
1969	390.6	83.3	1.000	473.0
1970	453.9	58.2	0.003	512.1
1971	459.9	75.7	0.898	534.8
1972	504.6	150.7	-	655.3
1973	529.8	205.2	3.400	731.6

El precio de la urea en 1974 fue de \$1,350/ton. actualmente tiene un precio de \$1,510/ton., lo que representa un aumento del 11.8% sobre el precio de 1974.

2.5. PROYECCION DE IMPORTACION Y CONSUMO:

2.5.1. Importaciones Totales de Melamina.

Con el fin de poder determinar la proyección de las importaciones y el consumo de melamina, será necesario determinar también el contenido de melamina dentro de las resinas de melamina-formaldehído que se importaron en los últimos años.

Por cada kilogramo de resina se requieren aproximadamente 0.55 kg. de melamina (6), por lo que la melamina introducida al país como resina fue:

Melamina-formaldehído, aún cuando esté pigmentada, - excepto con negro de humo introducida al país bajo la - fracción arancelaria: 39.01.B.024.

TABLA 2.6.
(GRAFICA 4)

Año	Cantidad (kg.)	Valor (\$)	Contenido de melamina
1968	11 053	103 640	6 079.1
1969	7 150	110 394	3 932.5
1970	21 732	248 365	11 952.6
1971	1 743	31 711	958.6
1972	3 158	53 604	1 736.9
1973	6 073	69 246	3 340.5
1974*	5 326	102 964	2 929.3

* Hasta agosto 1974.

El país exportador fue E. U. A.

Melamina-formaldehído, sin materias colorantes clasificada bajo la fracción: 39.01.A.003.

TABLA 2.7
(GRAFICA 5)

Año	Cantidad (kg.)	Valor (\$)	Contenido de melamina
1968	60 096	539 709	33 052.8
1969	11 066	168 330	6 086.3
1970	20 600	293 363	11 330.0
1971	13 619	193 497	7 490.4
1972	1 841	26 854	1 012.5
1973	8 542	118 597	4 698.1
1974*	20 641	249 262	11 352.5

* Hasta agosto 1974.

Melamina-formaldehído; clasificada bajo la fracción arancelaria: 39.01.A.004.

TABLA 2.8
(GRAFICA 6)

Año	Cantidad (kg.)	Valor (\$)	Contenido de melamina
1968	46 037		25 320.3
1969	39 818		21 899.9
1970	53 690		29 529.5
1971	708		384.4
1972	324		178.2
1973	24		13.2
1974	-	-	- No hubo importaciones -

Las resinas de melamina-formaldehído se empezaron a importar en el año 1965.

Por lo anterior la importación de melamina como tal y el contenido de melamina en las resinas, da la importación total del producto objeto de este estudio.

**IMPORTACIONES TOTALES DE MELAMINA IN-
CLUYENDO LA CONTENIDA EN LAS RESINAS DE
MELAMINA-FORMALDEHIDO 1964-1974**

TABLA 2.9 (GRAFICA 7)

<i>Año</i>	<i>Cantidad (kg.)</i>
1964	200 889.0
1965	492 290.1
1966	437 252.5
1967	467 486.7
1968	652 038.2
1969	645 305.7
1970	886 330.1
1971	705 117.4
1972	668 014.6
1973	961 625.8
1974*	960 417.8

** Hasta agosto 1974.*

2.5.2. Cálculo de la Proyección de la Demanda.

Tomando en consideración las cantidades importadas des

de el año de 1964, se procede a determinar la proyección de las importaciones, que a su vez representa el consumo nacional aparente. Se emplea el método de mínimos cuadrados por lo que las ecuaciones prácticas a aplicar son:

$$\sum r = an + b\sum c \dots\dots\dots (1)$$

$$\sum rc = a\sum c + b\sum c^2 \dots\dots\dots (2)$$

$$r = a + bc \dots\dots\dots (3)$$

En donde:

n = No. de observaciones

c = años

r = demanda

Por lo tanto se tiene la siguiente tabla.

TABLA 2. 10

Año	c	r	rc	c^2
1964	1	200 889.0	200 889.0	1
1965	2	492 290.1	984 580.2	4
1966	3	437 252.5	1 301 757.5	9
1967	4	467 486.7	1 869 946.8	16
1968	5	652 038.2	3 260 191.0	25

TABLA 2.10

Año	c	r	rc	c^2
1969	6	645 305.7	3 971 834.2	36
1970	7	886 330.1	6 204 310.7	49
1971	8	705 117.4	5 640 939.2	64
1972	9	668 014.6	6 012 129.4	81
1973	<u>10</u>	<u>961 625.8</u>	<u>9 616 258.0</u>	<u>100</u>
Σ Total	<u>55</u>	<u>6 116 350.1</u>	<u>39 063 836.0</u>	<u>385</u>

Sustituyendo los valores de la tabla anterior en las ecuaciones 1 y 2 se tiene:

$$6\ 116\ 350.1 = 10a + 55b \dots\dots (1')$$

$$39\ 063\ 836.0 = 55a + 385b \dots\dots (2')$$

Resolviendo estas ecuaciones simultáneamente se obtiene:

$$r = 250\ 040 + 65\ 744c \dots\dots\dots (3')$$

Al resolver esta ecuación obtenemos los siguientes resultados:

TABLA 2. 11.
(GRAFICA 8)

<i>Año</i>	<i>No.</i>	<i>r</i>
1964	1	315 784
1965	2	381 528
1966	3	447 272
1967	4	513 016
1968	5	578 760
1969	6	644 504
1970	7	710 248
1971	8	785 992
1972	9	841 736
1973	10	907 480
1974	11	973 224
1975	12	1 038 968
1976	13	1 104 712
1977	14	1 170 456
1978	15	1 236 200
1979	16	1 301 944
1980	17	1 367 688
1981	18	1 443 432

2.6 NECESIDAD NACIONAL DEL PRODUCTO:

En 1974 alcanzó la cantidad de 1 100 ton. con un costo de 20.6 millones de pesos.

2.7. COSTO LOCAL CONTRA INTERNACIONAL DE MATERIAS PRIMAS:

Las materias primas principales son urea y amoníaco y sus costos son:

Producto	COSTO MATERIAS PRIMAS (\$/kgs.)				
	TABLA 2.12.				
	P A I S				
	México	Alemania	E.U.A.	Holanda	Italia
Urea	1.510	3.86	2.20	2.84	2.78
Amoníaco	2.180	1.65	2.46	1.25	1.45

2.8. RESTRICCIONES LEGALES:

Es pertinente mencionar que las materias primas (urea y amoníaco) están consideradas como Petroquímicas Básicas, por lo que la melamina obtenida en esta forma, es considerada como derivado petroquímico, de acuerdo con la ley al respecto de 1959, derivada del artículo 27 Constitucional. Por lo anterior, se requiere permiso del Gobierno Federal para poder dedicarse a esta actividad industrial.

Este permiso se otorga previo estudio y opinión de la Secretaría del Patrimonio Nacional ó recurriendo a la Comisión Petroquímica Mexicana, la cual está formada por tres miembros que representan a las Secretarías del Patrimonio Nacional, Industria y Comercio, y Petroleos Mexicanos.

Dentro de los requisitos más importantes para obtener el permi-

so referido se tiene:

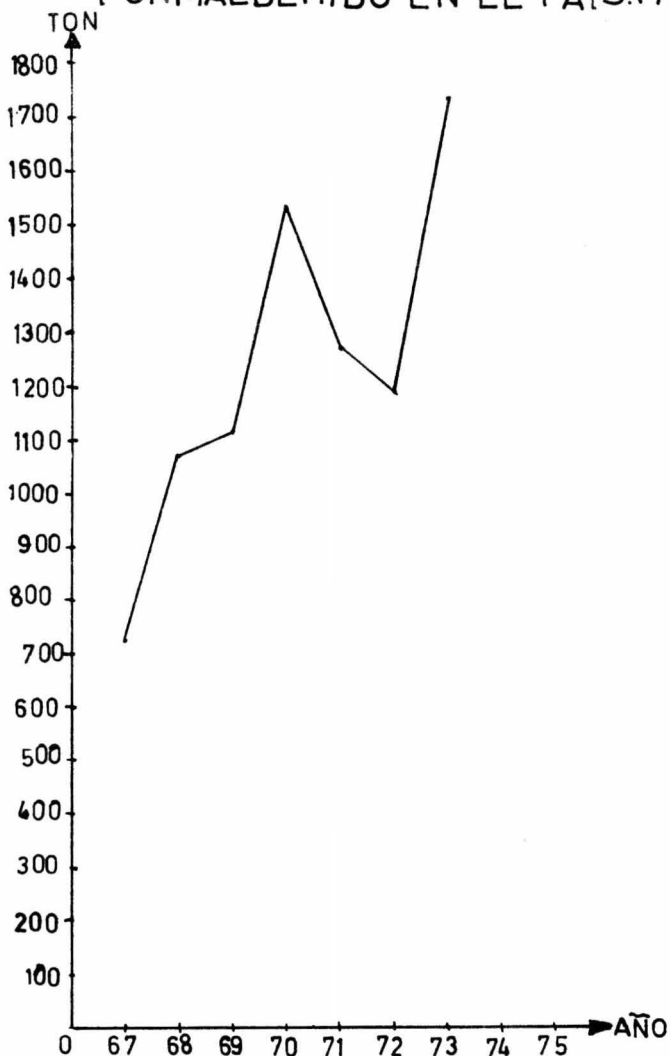
1. *La empresa que se vaya a dedicar a esta actividad industrial deberá contar, como mínimo, con un 60% de participación nacional dentro de su capital social.*
2. *Deberá presentar previamente el estudio técnico-económico, del producto ante la Comisión Petroquímica Mexicana.*
3. *El precio de venta del producto deberá ser como máximo - 25% superior al precio vigente en el mercado interno del país mayor exportador a México, que en este caso específico ha sido E. U. A. (\$27.03/kg.).*
4. *La calidad deberá ser similar o mejor, a la del producto - que actualmente los consumidores en México adquieren de importación.*

2.9. CAPACIDAD PROBABLE PARA UNA PLANTA EN MEXICO:

De acuerdo al estudio de mercado se ha podido establecer que la demanda aparente del producto en 1980 será de 1 500 ton/año. Por lo que la capacidad instalada probable para una planta que pueda surtir tal mercado se propone de 2 000 ton/año operando al 60% de capacidad y con el fin de disminuir los costos se propone

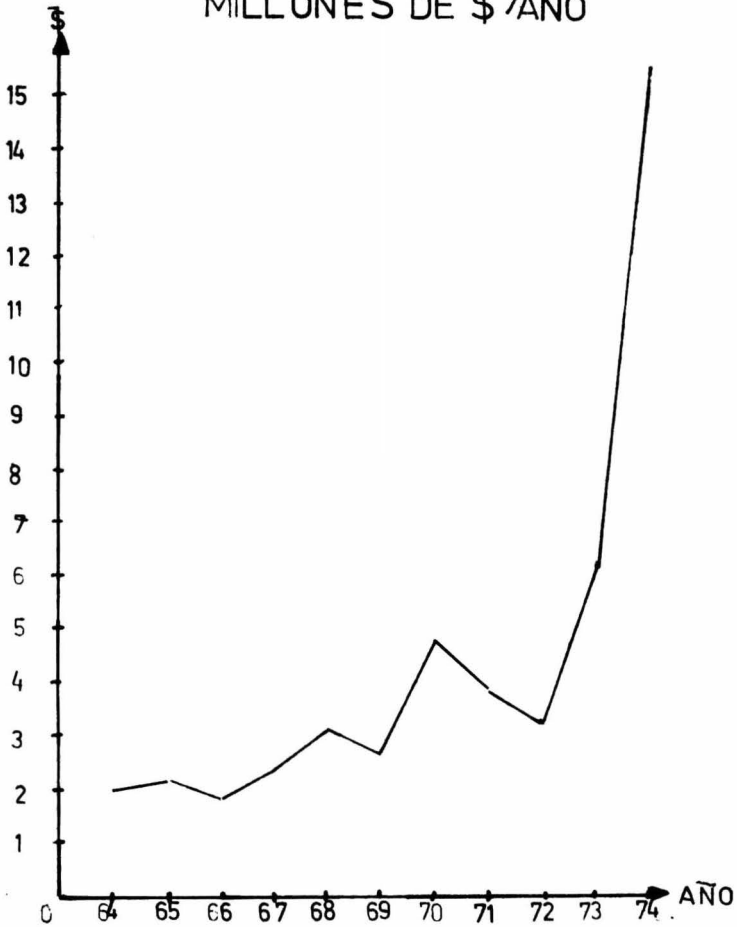
una planta con capacidad instalada para 6 000 ton/año la que no solamente surta el mercado nacional futuro, si no que además se dedique a la exportación aprovechando las facilidades que bara tal fin existen.

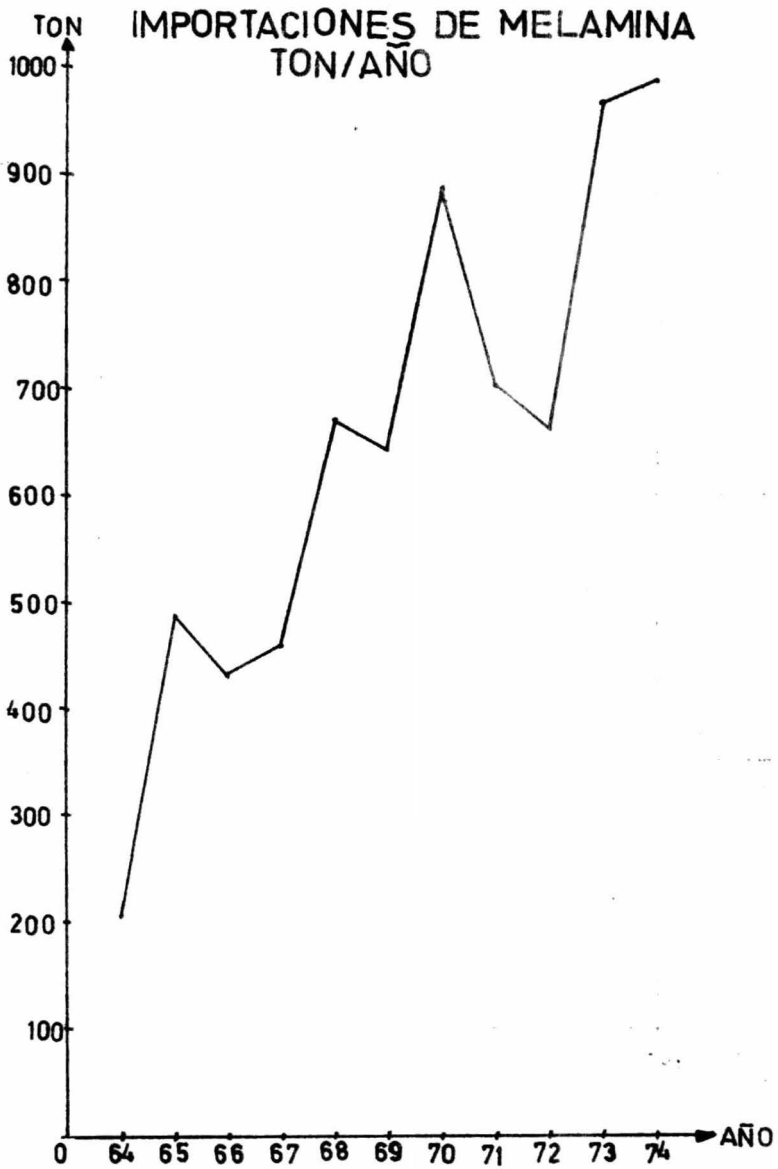
PRODUCCION DE RESINAS MELAMINA-FORMALDEHIDO EN EL PAIS.(TON/AÑO)

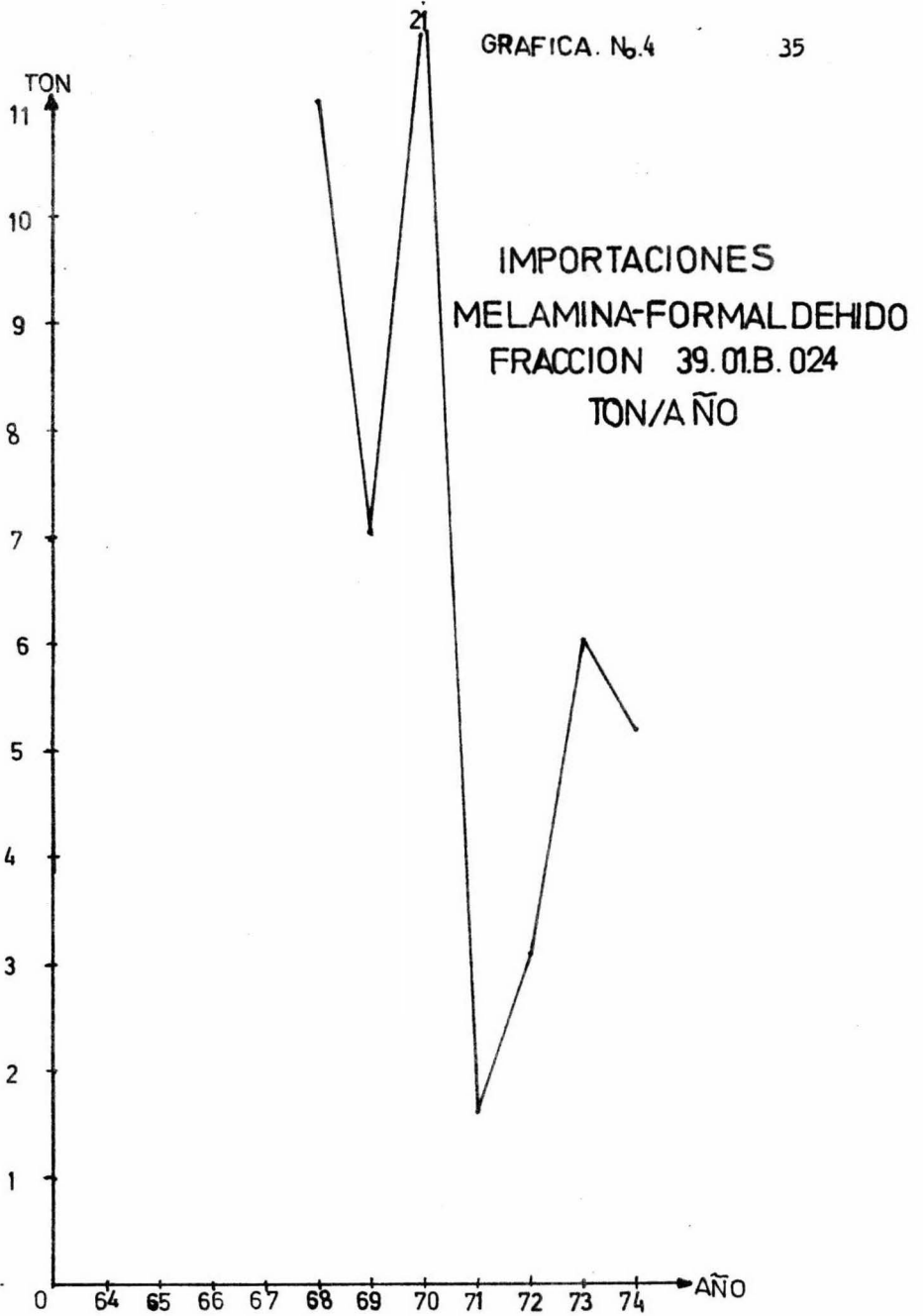


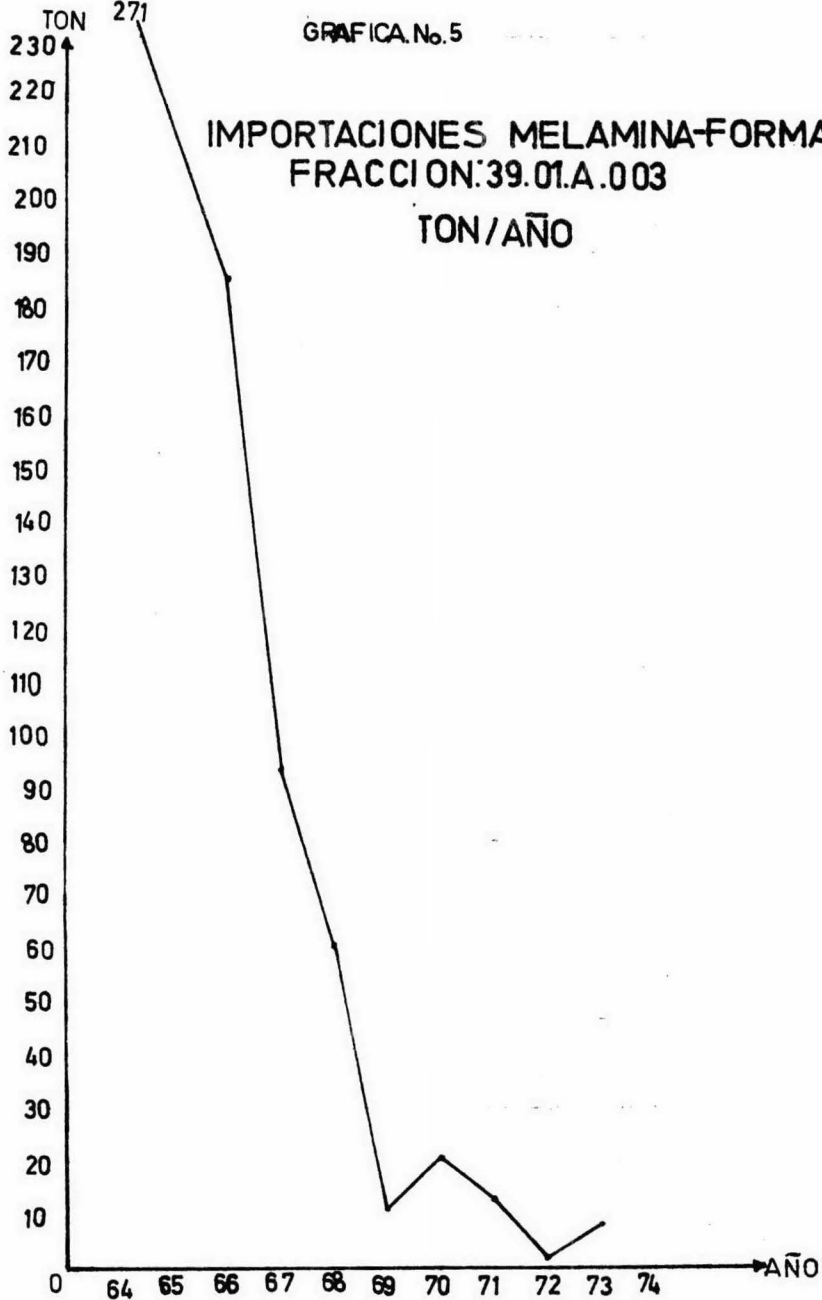
GRAFICA .No.2

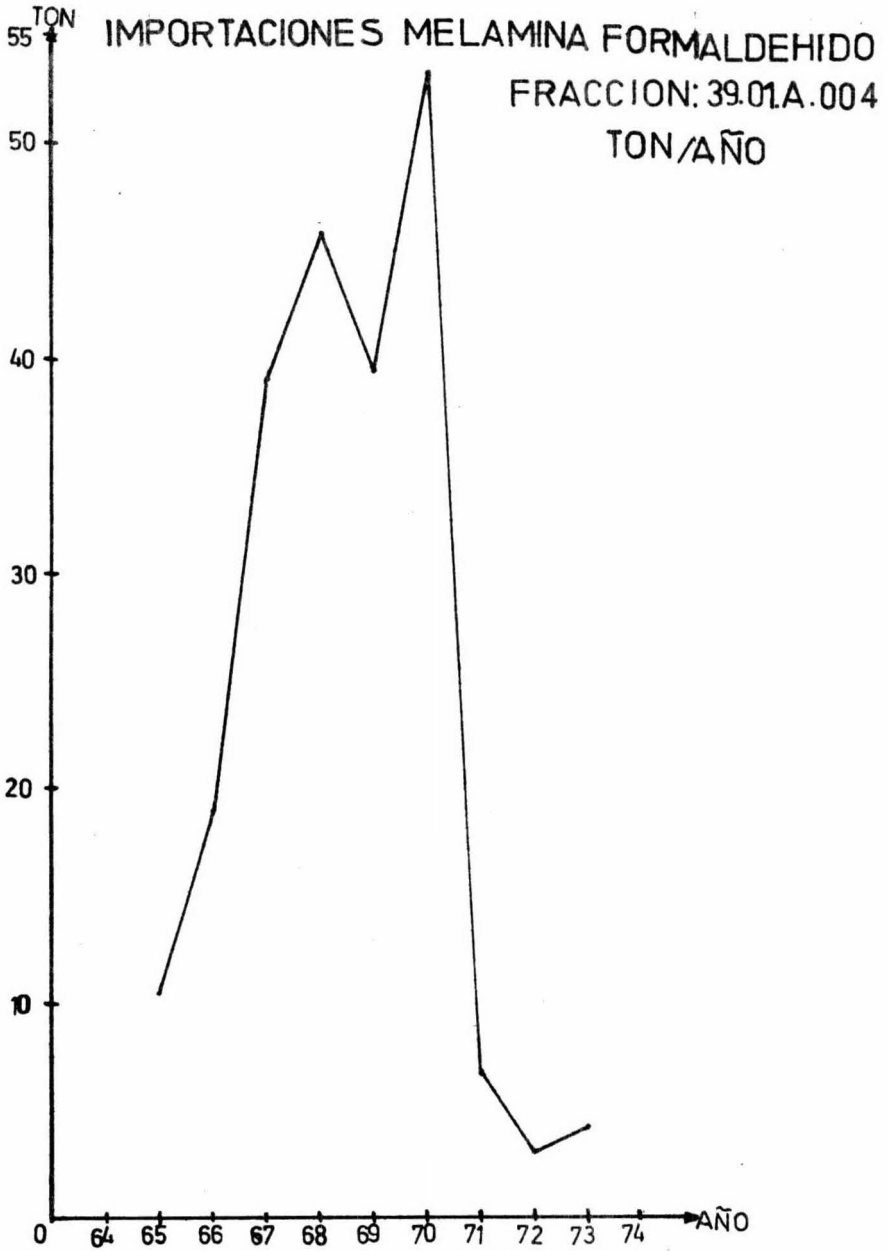
IMPORTACIONES DE MELAMINA
MILLONES DE \$ /AÑO

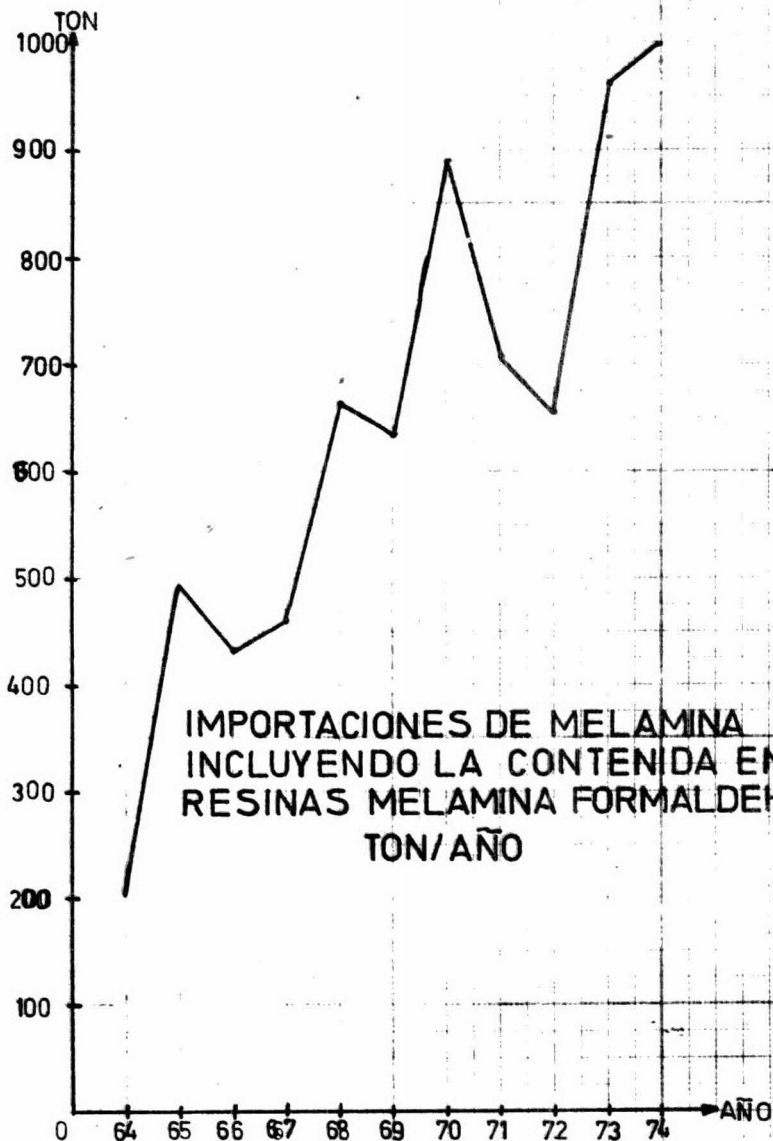




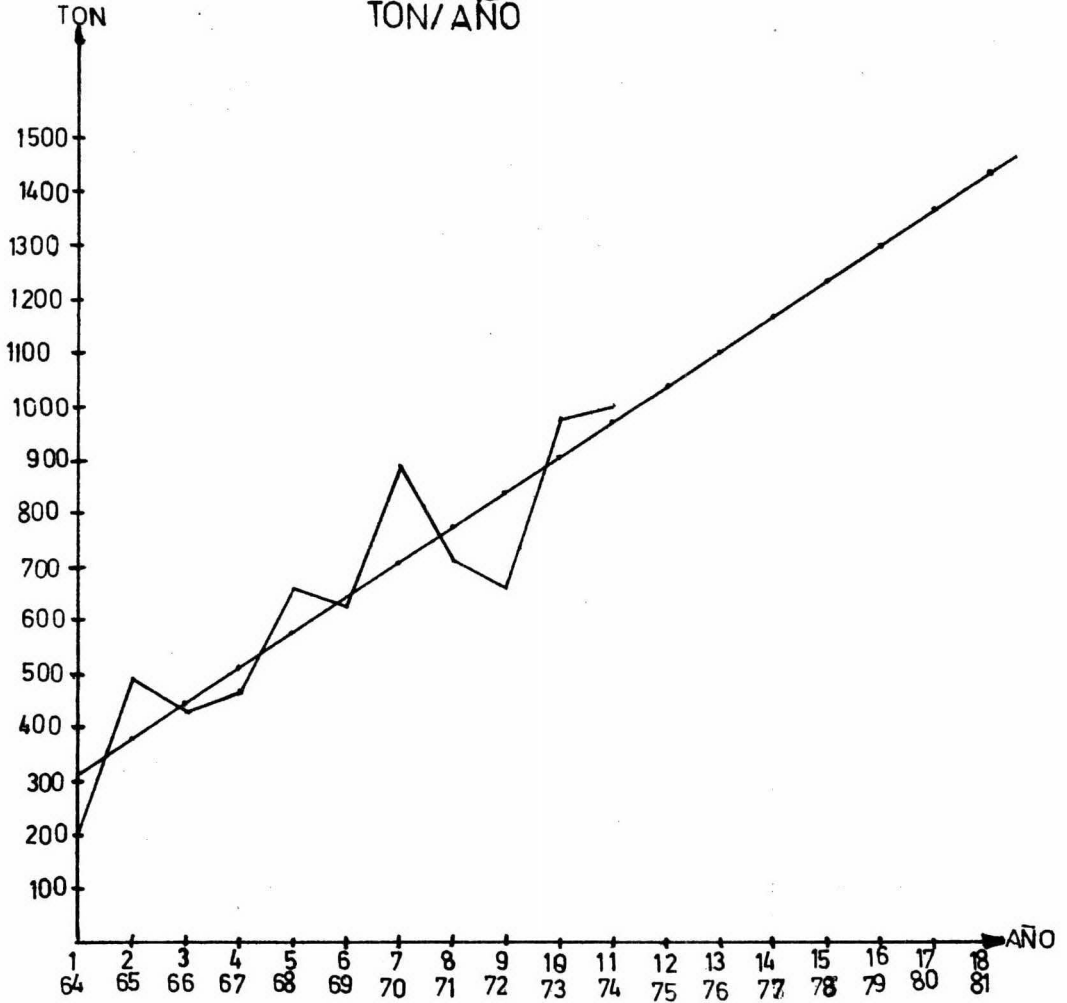








PROYECCION DE LA DEMANDA
TON/AÑO



C A P I T U L O I I I

A L T E R N A T I V A S D E P R O C E S O

3. 1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS COMERCIALES:

3. 1. 1. Proceso de la BASF (Alemania Fed.) (12).

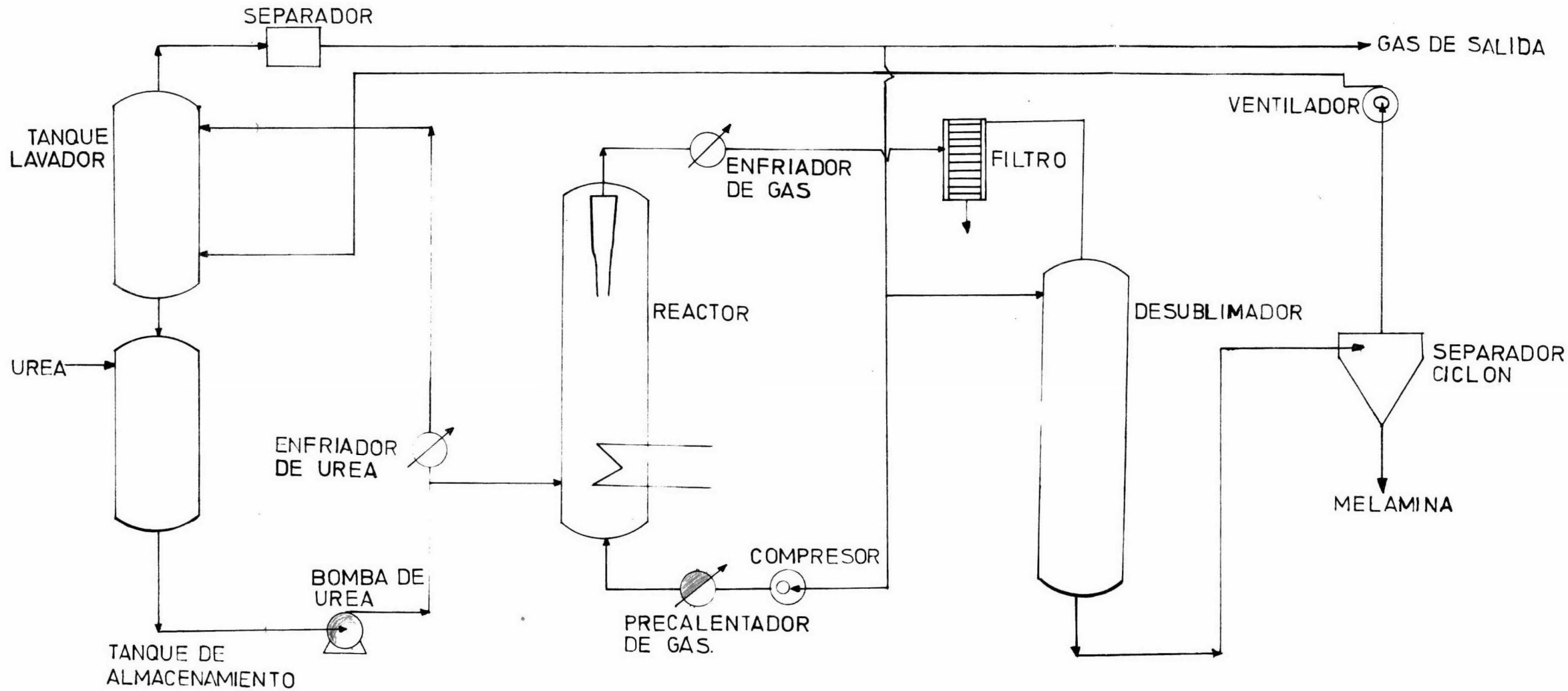
Es un proceso que se efectúa a presión atmosférica - (diagrama No. 1). La melamina puede ser sintetizada en un rango de temperatura de 300-500° C. con o sin catalizador. La presión debe exceder las 100 atms. Cuando es un proceso sin catalizador, sin embargo, en presencia de catalizador, la melamina puede obtenerse en muy buena proporción a presión atmosférica o un poco mayor. En ambos casos la reacción que se lleva a cabo es fuertemente exotérmica (18).

El proceso sigue el siguiente camino: (17) La urea sólida (grado fertilizante resulta adecuada) se introduce en un tanque de almacenamiento que forma parte de un circuito. El resto del circuito consiste de un enfriador y de un tanque lavador, en el cual se usa como medio de lavado de la corriente gaseosa el gas de salida. El circuito es usado para recobrar melamina y urea sin reaccionar, y para recircular el gas - - - (NH₃/CO₂) que va a fluidizar el lecho catalítico.

Una corriente de este circuito alimenta urea caliente dentro del reactor el cual se encuentra a presión atmosférica o ligeramente por encima de ésta. La urea espontáneamente vaporiza y reacciona para dar aproximadamente 95% de melamina, dióxido de carbono y amoníaco. Partículas de óxido de aluminio son usadas como catalizador y son fluidizadas por un vapor recirculado de CO_2 y NH_3 . El calor de la reacción exotérmica y de la recirculación caliente gaseosa, son usados para mantener la temperatura entre 600 y 700° C.

La melamina deja el reactor en forma de gas mezclado con CO_2 , NH_3 , y urea sin reaccionar. Esta mezcla es enfriada en un cambiador de calor hasta una temperatura cercana al punto de rocío, para evitar la formación de productos de cristalización de cualquier lado de la reacción tales como melan y melon. Estos en caso de formarse son atrapados junto con el catalizador fino en un filtro de gas caliente.

La melamina se separa entonces en un desublimador o cristizador donde el gas que entra es enfriado a una temperatura cercana a los 410° C por inyección de una segunda corriente gaseosa a 285° C, proveniente del tanque lavador.



FABRICACION DE MELAMINA APARTIR DE UREA
 PROCESO DE LA BASF.

DIAGRAMA DE FLUJO.No.1

Más de 98% de melamina se obtiene en forma de cristales finos y divididos y 99% de estos cristales son removidos en un ciclón subsecuente. El producto final tiene una pureza de 99.9% de melamina.

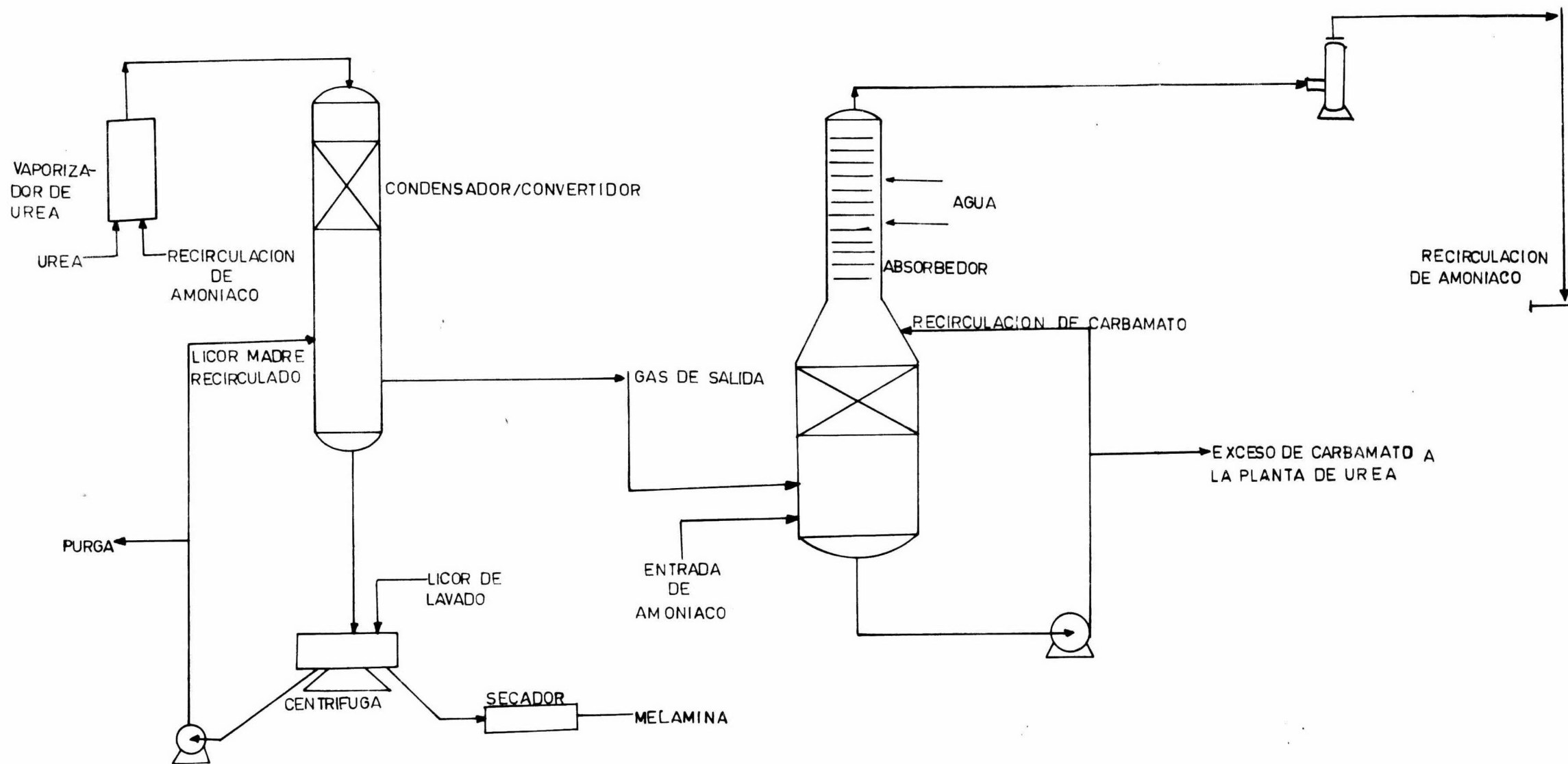
II

3. 1. 2. Proceso Chemical Construction Corp. (E. U. A.) (13).

Es un proceso de baja presión que usa como materia prima urea grado fertilizante (Diagrama No. 2).

En el proceso se alimenta la urea a un vaporizador donde se vaporiza a una temperatura moderada y a una presión un poco mayor que la atmosférica, produciéndose una mezcla gaseosa de ac. cianico y amoníaco. Amoníaco gaseoso adicional, producido en pasos subsecuentes del proceso, es recirculado a través del vaporizador de urea. La corriente gaseosa se pasa a través del convertidor-condensador, en donde la conversión catalítica a melamina tiene lugar a una temperatura óptima.

Para evitar la formación de impurezas la melamina gaseosa es condensada y se lleva en forma de suspensión acuosa hacia la parte inferior del convertidor-condensador. La solución acuosa se separa del gas de salida y se envía a la centrífuga, en donde la melamina se



FABRICACION DE MELAMINA APARTIR DE UREA
PROCESO CHEMICAL CONSTRUCTION CORP.
DIAGRAMA DE FLUJO. No. 2

separa del licor madre.

El producto final de melamina es lavado, secado y empaquetado.

El gas que sale del separador de melamina es lavado en un absorbedor, dando una solución de carbamato, que puede ser recirculada a una planta de urea; el amoníaco remanente gaseoso es comprimido y recirculado al proceso inicial.

711

3. 1. 3. Proceso D.S. M. (Dutch State Mines) (Holanda) (14).

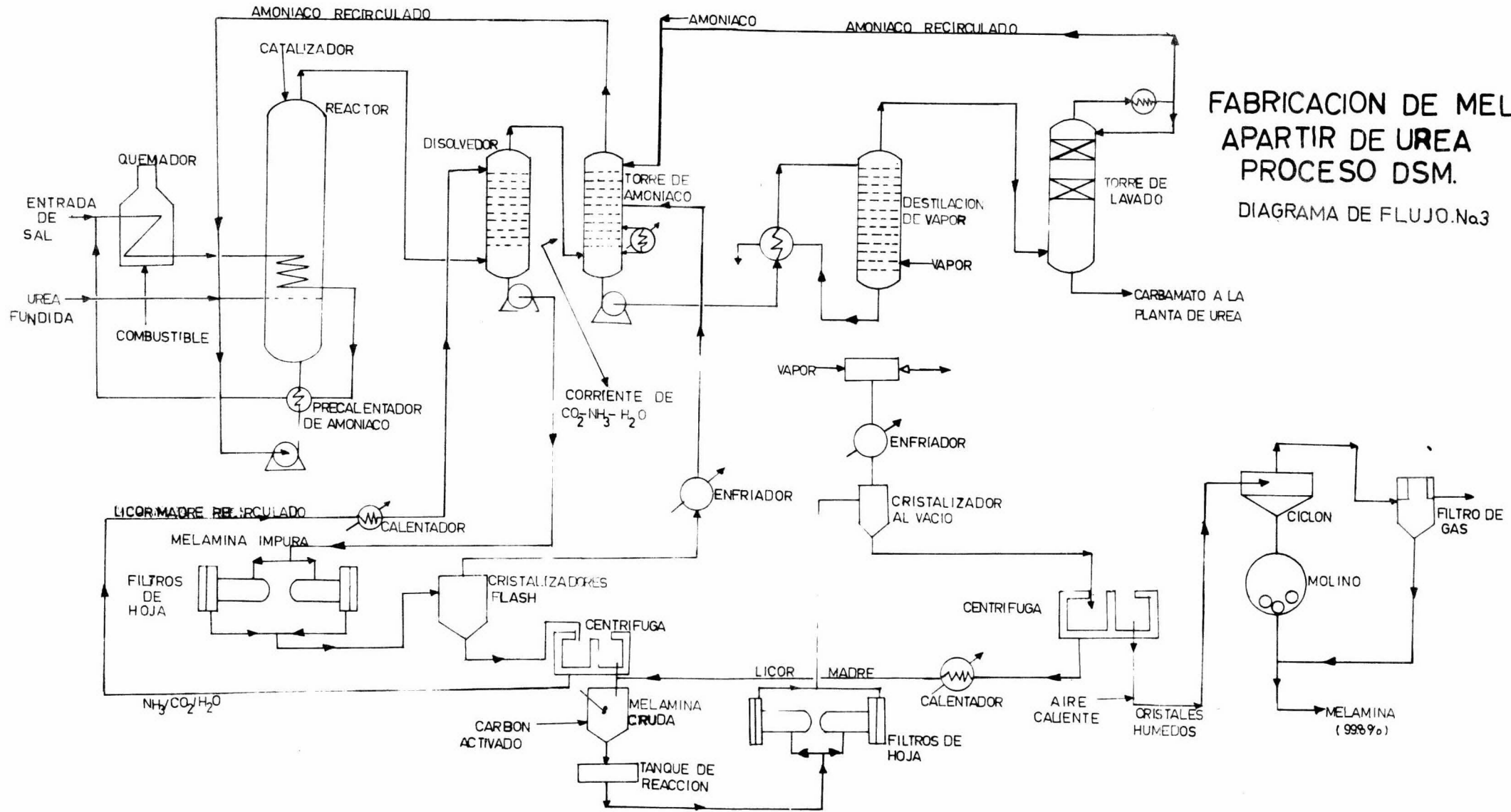
Por medio de este proceso se ha obtenido melamina a bajo costo. Esto ha sido posible debido a que la D. S. M. ha escogido y diseñado un reactor que opera a baja presión y que cuenta además con un lecho catalítico fluidizado. Dentro de este reactor la urea es convertida en melamina (Fig. No. 3).

Solamente es necesaria una unidad, ya que el reactor puede manejar capacidades hasta de 100 ton/día. El amoníaco es el medio fluidizante y el agua extra que se produce en el reactor se extrae para maximizar la eficiencia (19).

Las presiones de reacción se mantienen entre 5 y 10 atm., usándose, estas presiones debido a que a presiones más altas puede alcanzarse el punto de rocío lo cual da origen a la formación de productos de condensación que ocasionan un bloqueo de la reacción.

La fluidización adecuada dentro del reactor es difícil de lograr.

Los productos de reacción, consisten en una mezcla de amoníaco, dióxido de carbono y vapor de melamina, salen de la parte superior del reactor y van a un absorbedor. En el absorbedor la melamina y parte del vapor de $\text{NH}_3\text{-CO}_2$ son arrastrados por un licor madre recirculado, dando origen a la formación de una solución de carbamato la cual se pasa a una centrífuga para separar la melamina cruda. El dióxido de carbono, el amoníaco y el vapor de agua que salen de la parte superior del absorbedor van a la torre de amoníaco para la recuperación de amoníaco y carbamato concentrado. (20). La melamina cruda que sale de la base del absorbedor se pasa a través de un filtro y entra al primer paso de cristalización y separación. La cristalización se realiza en tres etapas en un sistema de cristalización flash; la última etapa produce melamina -



FABRICACION DE MELAMINA A PARTIR DE UREA PROCESO DSM.

DIAGRAMA DE FLUJO.No.3

cruda. Los gases que dejan cada cristizador se dirigen a enfriadores individuales para obtener un licor - concentrado de amoníaco (36%) que se envía a la torre de amoníaco.

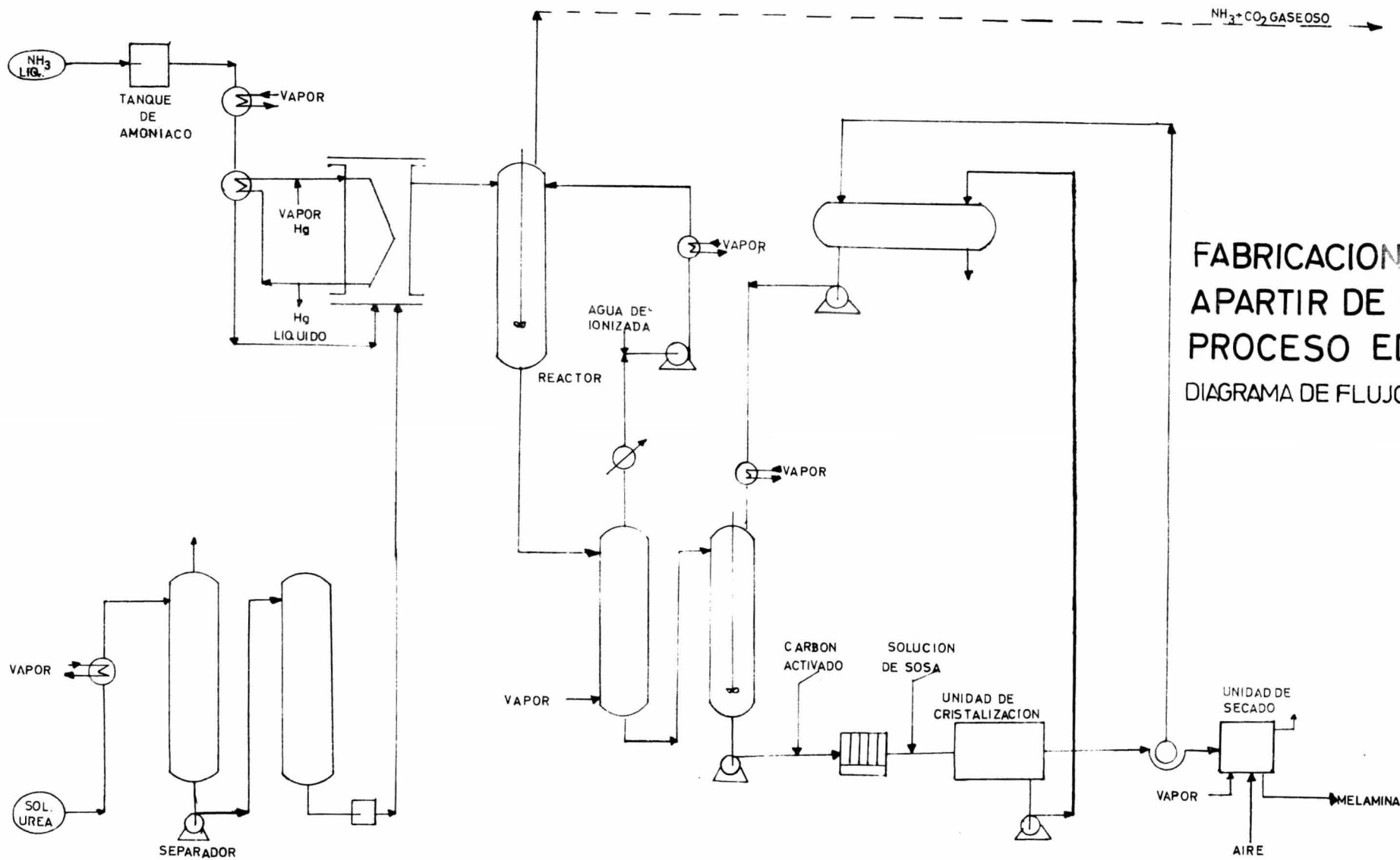
La melamina cruda se trata con carbon activado para re mover la coloración causada por productos de hidrólisis (amelina, amelida, ácido cianúrico, etc.).

El carbon activado es posteriormente removido en un filtro.

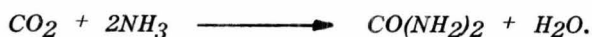
Los cristales húmedos que se obtienen en la centrífuga son secados por aire caliente que se dirige al ciclón. Después se muele la melamina obteniéndose finalmente cristales de alta pureza.

3. 1. 4. Proceso Montecatini-Edison (Italia) (15).

La fabricación de melamina a partir de urea que ha de sarrollado esta compañía es por síntesis bajo presión (Fig. No. 4). Los subproductos obtenidos en la reacción son el bióxido de carbono y el amoníaco, los que se usan posteriormente en otra planta para fabricar urea:



FABRICACION DE MELAMINA
 APARTIR DE UREA
 PROCESO EDISON-MONTECATINI
 DIAGRAMA DE FLUJO No. 4



La materia prima usada puede ser urea grado técnico, granulada, en cristales, solución de urea o bien urea fundida proveniente de una planta cercana o adjunta.

La reacción se efectúa en presencia de amoníaco. El reactor opera a baja presión y es mantenido a temperatura constante por la circulación de fluidos especiales calentados en equipo especialmente diseñado para este proceso.

Los productos de la reacción son expandidos; la fase gaseosa consiste de amoníaco, dióxido de carbono saturado con vapor el cual se recupera a media presión y se recircula al reactor. La mezcla gaseosa de este proceso se utiliza generalmente para la obtención de urea, y la solución acuosa es la melamina; esta solución se trata y se purifica, sometiéndola a una cristalización total para obtener melamina pura en forma de cristales.

3.1.5. Proceso de Recirculación Total de la Nissan Chemical Industries, LTD. (Japón) (16).

Este proceso se lleva a cabo a alta presión y temperatura produciendo melamina de alto grado, con un 90% de apro

vechamiento (Fig. No. 5).

El proceso se basa principalmente en la recirculación de los gases de salida para volverlos a usar en el enlace entre una planta de urea y una de melamina y por esto se llama proceso de recirculación total.

La urea fundida se comprime a 96 atm. y antes de alimentarla al reactor se pasa a la torre de lavado de alta presión para que absorba el vapor de melamina que hubiera podido quedar en la recirculación del gas de salida. El amoníaco líquido también se comprime cerca de 96 atms., vaporizándose en el precalentador aproximadamente a los 400 ° C y posteriormente se alimenta al reactor. La reacción se efectúa cerca de los 400° C y a 96.7 atms., de presión descomponiéndose la urea en la solución de melamina.

La melamina contenida en los gases de salida del reactor se recupera en la torre de lavado alimentada con urea a la presión de reacción y se recircula al reactor.

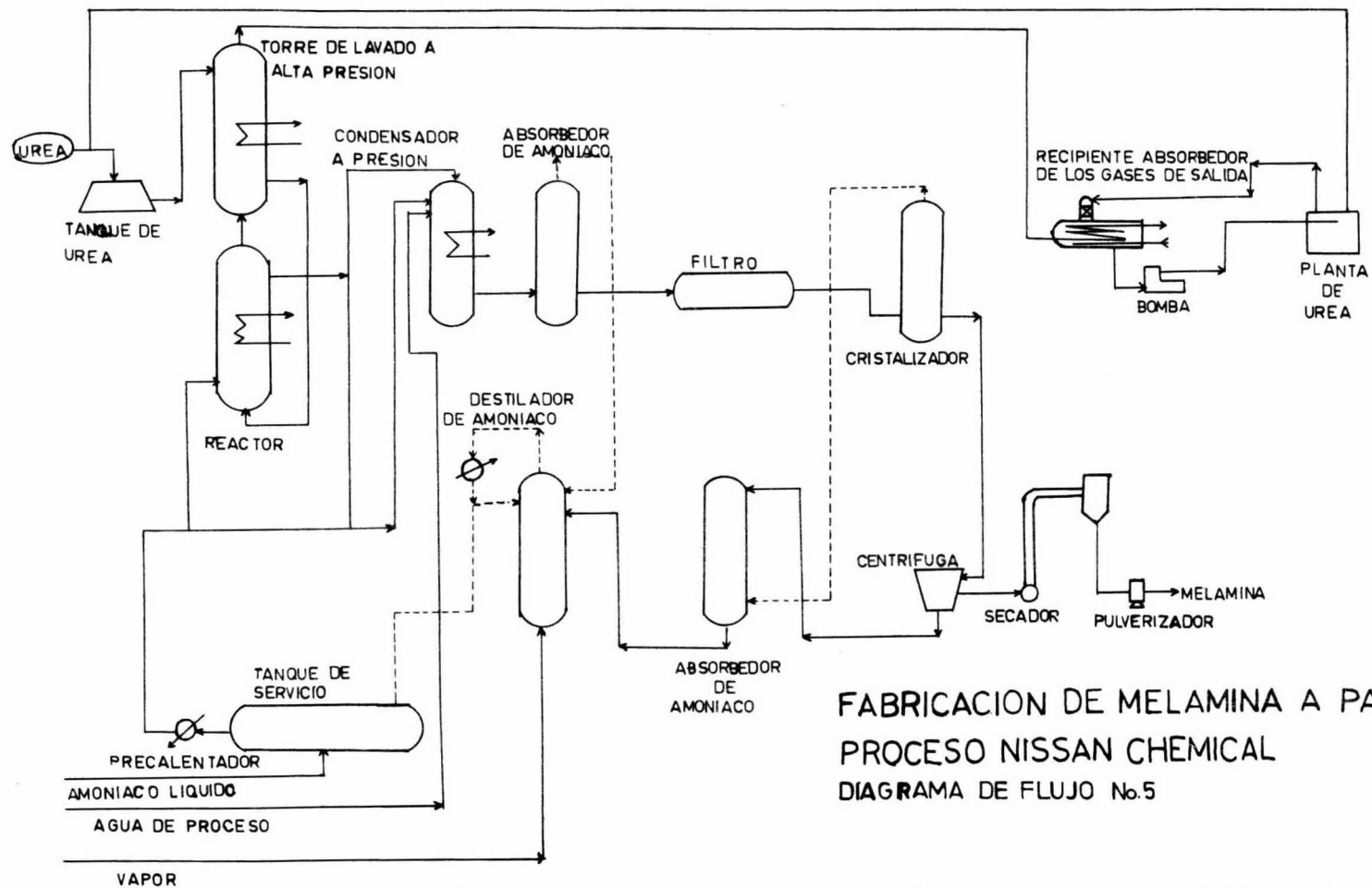
La melamina proveniente del reactor se enfría en el condensador a presión, junto con la solución de amoníaco. De esta solución parte de la melamina es separada del

amoníaco, a presión media, en el destilador de amoníaco; después se filtra y se reduce a la presión atmosférica - en el cristizador, en donde el amoníaco remanente se separa y la melamina se cristaliza. Los cristales de melamina separados en el cristizador, son centrifugados, secados y pulverizados obteniéndose así el producto final.

El amoníaco gaseoso que se separa se recupera en el absorbedor de amoníaco y se purifica por destilación, recirculándose como amoníaco líquido.

Debido a la relación entre la planta de melamina y de urea, la alta temperatura y presión, así como la liberación de los gases de salida (presión y energía calorífica recuperados) pueden ser integrados con efecto mínimo sobre el proceso. Los métodos que se proponen para esta integración son:

- 1. En el caso de que la presión de síntesis de la urea sea cerca de las 96 atms., los gases de salida - pueden integrarse directamente con la planta de urea.*
- 2. Los gases de salida pueden integrarse con la planta de urea en forma de una solución de carbamato, la cual se prepara en la salida del gas del recipiente*



FABRICACION DE MELAMINA A PARTIR DE UREA
PROCESO NISSAN CHEMICAL
DIAGRAMA DE FLUJO No.5

de absorción, instalado entre las plantas de melamina y urea, operando bajo la misma presión de síntesis de la melamina.

La solución de carbamato a alta temperatura y concentración se entrega a la planta de urea por medio de una bomba de diseño especial tipo caída libre. En el recipiente de absorción el vapor recuperado se lleva fuera para usarlo en la fundición de la urea; y se adiciona una nueva alimentación de agua al enlace de los procesos.

3. Una síntesis de urea puede ser dirigida bajo la misma presión de síntesis de la melamina, partiendo de los gases de salida, y la solución así sintetizada puede integrarse con la planta de urea siendo éste un caso especial.

VI

3. 1. 6. Proceso de la O. S. W. (Osterreichische Stickstoffwerke. A. G.) (Austria) (11).

La fabricación de melamina por este proceso se efectúa en dos etapas: En la primera la urea se convierte en una mezcla gaseosa de ácido isocianico y amoníaco. Esta mezcla es convertida en una segunda etapa en vapor de melamina y dióxido de carbono. El amoníaco remanente se recupera. (Fig. No. 6).

La descomposición de la urea en amoníaco y ácido isocianúrico es una reacción fuertemente exotérmica, de tal manera que 800 kcal., por kg., de urea son absorbidas para formar los productos gaseosos a 350° C para obtener un alto rendimiento.

La urea tiene que ser calentada cuidadosamente hasta la temperatura necesaria de 350° C en pocos segundos, de otra manera se forman productos secundarios, tales - como ácido cianúrico, amelina, amelida, etc. Bajo - condiciones favorables la proporción de gasificación es prácticamente del 100%.

La formación de la melamina a partir del ácido isocianúrico es una reacción exotérmica, en la cual cerca de - 1 100 kcal., son puestas en libertad por cada kilogramo de melamina. La reacción tiene que ser promovida por un catalizador sólido. Se conocen varios catalizadores para este uso; entre los principales se encuentran: la gel de sílice, la gel de alumina y el fosfato de Boro. La melamina que se evapora en el catalizador se remueve del reactor por medio del amoníaco y el dióxido de carbono (22).

Se obtiene melamina sólida al enfriar con agua la mez-

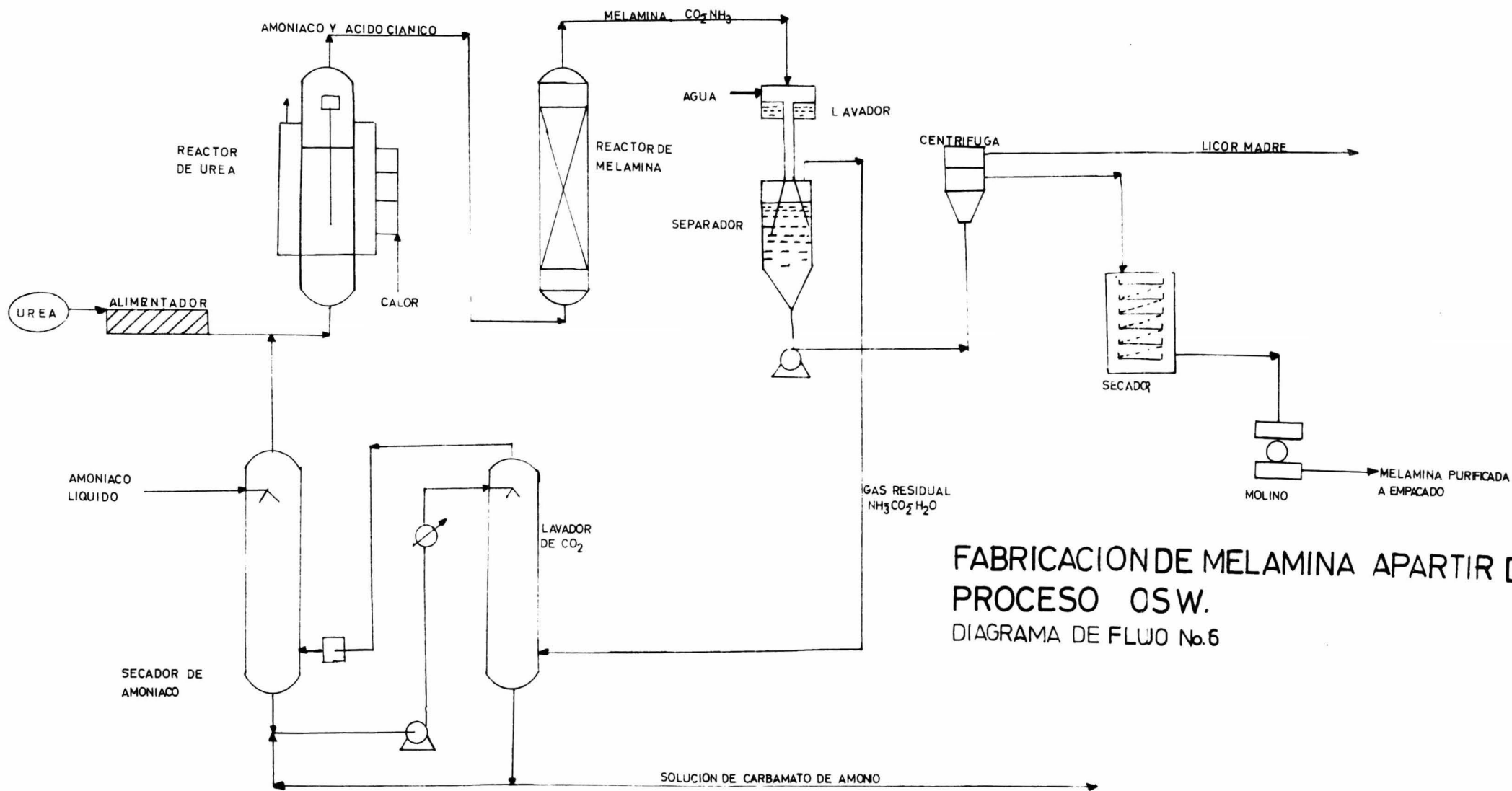
cla gaseosa. La suspensión de la melamina en el licor de amoníaco formado es centrifugada y recirculada al enfriador; la melamina sólida se lava con agua y se seca.

El aprovechamiento de la urea que se transforma en melamina por este método está entre 85 y 90%.

Si la temperatura de reacción está por arriba o por abajo de la indicada parte de la melamina se descompone en melam y melem. Estas sustancias se acumulan sobre el catalizador provocando una disminución en su actividad. Además, cierta cantidad se volatiliza contaminando el producto.

Después se seca, se muele y se empaqueta en costales listos para embarcar el producto. El amoníaco se recoge en forma de una solución de carbamato (23).

Debe tenerse especial cuidado en el apagado de los gases de reacción; esta operación debe efectuarse rápidamente, ya que si se llega a poner en contacto durante largo tiempo vapor de agua con melamina gaseosa, barbato de la melamina se hidroliza y se forman amelida y amelina. Estas sustancias podrían contaminar el pro-



FABRICACION DE MELAMINA A PARTIR DE UREA
PROCESO OSW.
DIAGRAMA DE FLUJO No. 6

ducto, requiriendo en ese caso una purificación del mismo por medio de recristalización con soluciones alcalinas.

El producto obtenido es muy fino, el tamaño de sus partículas se encuentra entre 5 y 10 Å.

IX

3.2. CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE CADA PROCESO:

PROCESO BASF. -

- a) La característica principal del proceso es el uso de un lecho fluidizado en un reactor de una sola etapa.
- b) La presencia de agua en el reactor puede ser un problema grave, pues basta apenas un 1% para obtener una disminución en la eficiencia del 5%. En otros procesos tienen que hacerse grandes esfuerzos para minimizar la presencia de agua, pero usando una cristalización seca para separar la melamina de otros productos BASF evita el problema del todo.
- c) Una ventaja adicional es que la hidrólisis no puede ocurrir, lo que implica que el amoníaco y el dióxido de carbono obtenidos como subproductos, pueden ser recirculados en el

proceso en forma gaseosa en lugar de una solución de carbamato, como ocurre en otros procesos.

- d) *De esta forma, los problemas de bombeo y corrosión del carbamato son evitados, lo que contribuye a bajar la inversión necesaria en una planta de este tipo.*
- e) *Además, este proceso no necesita de costosas y complicadas unidades para separar el amoníaco (se producen de 5 a 7 ton. por cada ton. de melamina) de los gases de reacción. En lugar de ésto, el amoníaco y el bióxido de carbono son usados ambos directamente para fluidizar el catalizador (otros procedimientos emplean solo al amoníaco para fluidizar). BASF adoptó este procedimiento después de observar que el equilibrio de la reacción se dirige principalmente hacia la corriente de la producción de melamina (17) aún cuando el CO_2 esté presente en la corriente de fluidización.*
- f) *Otra clave del proceso es el uso de lecho fluidizado en un reactor de una sola etapa. Gracias a la buena transferencia de calor en el lecho fluidizado y a la conservación de toda la actividad en una sola etapa, el calor de la reacción exotérmica puede ser usado eficientemente para vaporizar la urea notándose una marcada disminución en la energía necesaria comparada con el proceso de dos etapas.*

PROCESO CHEMICO. -

- a) *Es un proceso de baja presión, que cuenta con una unidad especial llamada convertidor-condensador que contiene un lecho catalítico donde la urea se transforma en melamina. El funcionamiento de esta unidad no está claramente definido.*
- b) *Se puede integrar con una planta de urea pero no se detalla como se logra esto.*
- c) *El amoníaco remanente se recircula al proceso original.*
- d) *El licor madre, una vez separado del producto principal, se envía en forma de una solución de carbamato a la planta de urea.*
- e) *No se pudo obtener información sobre la calidad del producto obtenido.*
- f) *Este proceso se recomienda para pequeñas escalas de producción (4 a 9 mil ton/año).*

PROCESO D. S. M. -

- a) *Proceso de baja presión.*
- b) *Cuenta con un reactor de lecho fluidizado solamente con amoníaco.*

- c) *Tiene producciones diarias con una sola unidad del orden de 100 ton/día.*
- d) *Cuenta con un complicado sistema para la recuperación de amoníaco.*
- e) *Es necesario purificar la melamina obtenida tratándola con carbón activado.*
- f) *Usa un cristizador flash de tres etapas para cristalizar la melamina.*
- g) *Propone una integración con una planta de urea para recircular directamente la solución de carbamato.*

PROCESO MONTEDISON. -

- a) *Proceso de alta presión.*
- b) *No requiere del uso de catalizador.*
- c) *Usa como materia prima urea grado técnico.*
- d) *Cuenta con un sistema especial para tratar la melamina cruda y después cristalizarla.*
- e) *El amoníaco se recircula al proceso sin usar ningún sistema especial de recuperación.*

- f) *Propone procesar los gases de salida de la planta de me lamina con una planta de urea, pero no señala cual debe ser el proceso intermedio.*
- g) *Es para fabricar grandes volúmenes del orden de las - 10 000 ton/año.*

PROCESO NISSAN. -

- a) *Proceso de alta presión.*
- b) *No usa ningún tipo de catalizador.*
- c) *No necesita ningún equipo adicional para purificar la me mina.*
- d) *Cuenta con un sistema de recuperación y purificación de amoníaco acondicionado de tal manera que, cuando es necesario este producto para recirculación en el proceso, se pasa al sistema antes mencionado, y cuando no, se envía junto con el dióxido de carbono al absorbedor de gases, que es el paso intermedio entre la integración de la planta de melamina y la planta de urea.*
- e) *Este proceso se emplea para volúmenes de producción de 15 a 20 mil ton/año.*

PROCESO O. S. W. -

- a) *Proceso de baja presión.*
- b) *Usa catalizador.*
- c) *Cuenta con un sistema de recuperación de amoníaco, pero propone su recirculación con una planta de urea pasando primero por la fabricación de amoníaco, o bien su aplicación para obtener otras sales de amonio.*
- d) *Se debe contar con un control muy riguroso de las temperaturas de reacción y de los gases de salida de la reacción. Si la temperatura de reacción está por arriba o por abajo de los 350° C la melamina se descompone en productos indeseables. Con respecto a los gases de salida, éstos deberán ser enfriados rápidamente por que, de no hacerlo así, la melamina se hidroliza.*
- e) *En los procesos de baja presión, existe la posibilidad de reacciones secundarias que pueden bloquear la reacción y disminuir la actividad del catalizador por envenenamiento del mismo.*
- f) *Se usa para la elaboración de cantidades del orden de las 20 000 ton/año.*

- g) También, al igual que en los procesos que dan soluciones de carbamato, el gas de desperdicio del proceso puede ser recirculado para su uso en la manufactura de urea, pero además este gas, al igual que otros, puede también ser enviado a una planta de fertilizantes para usarlo en la producción de fertilizantes con base de amoníaco. (Como los que hace en México Guanomex, S.A.).
- h) El análisis de la melamina elaborada por este proceso da los siguientes resultados:

Melamina	99.90% mín.
Amelida + Amelina	0.01% máx.
Agua (sust. insolubles)	0.01% máx.
Ceniza	0.01% máx.
Urea	0.01% máx.
Tamaño de Partícula	5 y 50 μ
Gas producido en la reacción:	kg/ton. neta
Amoníaco	2 500
Dióxido de carbono	2 900

Maneja volúmenes de producto del orden de 12 mil ton/año.

3.3. EXPERIENCIA Y COSTO DE CADA PROCESO:

PROCESO BASF. - (24, 31, 32)

Este proceso ocupa el segundo lugar en antigüedad y capacidad en Europa; las plantas que se han construído bajo esta tecnología son:

TABLA 3.1.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Ludwgshafen</i>	<i>Ale. Fed.</i>	<i>12 000</i>	<i>1968</i>
<i>Mitsui-Toatzu</i>	<i>Jap.</i>	<i>24 000</i>	<i>1970</i>
<i>Kashima</i>	<i>Jap.</i>	<i>32 000</i>	<i>1970</i>
<i>Toulouse</i>	<i>Fran.</i>	<i>12 000</i>	<i>1974</i>
<i>Ludwgshafen</i>	<i>Ale. Fed.</i>	<i>20 000</i>	<i>1970</i>

El costo fijo para una planta de 20 000 ton/año (24) es de 6 millones de dólares (1970).

PROCESO CHEMICO. - (13)

Este proceso no ha sido desarrollado comercialmente todavía, pero la compañía que lo proporciona asegura que para pequeñas escalas de producción da magníficos resultados (13), y el costo fijo que reportan para dos capacidades es:

<i>para 9 080 ton/año</i>	<i>3.5 millones de dólares</i>
<i>para 4 540 ton/año</i>	<i>2.38 millones de dólares.</i>

Estos costos fueron dados a conocer en 1966 y hasta la fecha no se tiene noticia de la construcción de alguna planta bajo esta tecnología. Considero que probablemente esto se debe a que las plantas que se han construido y se están construyendo son para manejar volúmenes de producción mayores de los que este proceso reporta.

PROCESO D. S. M.- (26, 31, 32)

Este es el proceso más difundido y bajo el que más plantas se han construido en el mundo, por conducto de la firma Stamicarbon, la cual es filial de D. S. M. Las plantas que operan bajo esta tecnología son:

TABLA 3.2.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Geleen</i>	<i>Hol.</i>	<i>10 000</i>	<i>1967</i>
<i>Ashaland, Ky</i>	<i>E.U.A.</i>	<i>43 200</i>	<i>1969</i>
<i>Pasadena, Tex.</i>	<i>E.U.A.</i>	<i>10 800</i>	<i>1969</i>
<i>Ivanho, La.</i>	<i>E.U.A.</i>	<i>36 000</i>	<i>1970</i>
<i>Donaldsville, La.</i>	<i>E.U.A.</i>	<i>37 800</i>	<i>1970</i>
<i>Linburg</i>	<i>Hol.</i>	<i>30 000</i>	<i>1970</i>
<i>Geleen</i>	<i>Hol.</i>	<i>30 000</i>	<i>1970</i>

TABLA 3.2.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Avondale, La.</i>	<i>E.U.A.</i>	<i>37 800</i>	<i>1971</i>
<i>Geleen</i>	<i>Hol.</i>	<i>100 000</i>	<i>1974⁺</i>
<i>Camacari*</i>	<i>Bra.</i>	<i>7 920</i>	<i>1977</i>

** Inician construcción en 1974.*

+ A fines de 1974, inicia producción.

El costo fijo para una planta construida en Ivanho, La., bajo esta tecnología con capacidad para 36 000 ton/año fue en 1970 de 15 millones de dólares.

PROCESO MONTEDISON. - (27)

Este proceso fue el primero que se explotó comercialmente, llegando a ser en un tiempo el de mayor producción europea, las plantas construídas bajo esta tecnología son:

TABLA 3.3.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Castellanza</i>	<i>Ita.</i>	<i>20 000</i>	<i>1963</i>
<i>Castellanza</i>	<i>Ita.</i>	<i>20 000</i>	<i>1963</i>
<i>Kirovacan</i>	<i>U.R.S.S.</i>	<i>10 000</i>	<i>1969</i>
<i>Calvosotelo</i>	<i>Ita.</i>	<i>8 000</i>	<i>1970</i>
<i>Castellanza</i>	<i>Ita.</i>	<i>10 000</i>	<i>1970</i>
<i>Kirovacan</i>	<i>U.R.S.S.</i>	<i>30 000</i>	<i>1973</i>

El costo fijo de una planta construída en Rusia en 1969, con capacidad de 10 000 ton/año fue de 5.92 millones de dólares (17).

PROCESO NISSAN. - (16. 32)

Bajo este proceso se han construído dos plantas:

TABLA 3. 4.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Tokyo</i>	<i>Jap.</i>	<i>5 400</i>	<i>1969</i>
<i>Tokoyama</i>	<i>Jap.</i>	<i>14 400</i>	<i>1971</i>

La construcción de una planta, incluyendo la unidad para recuperar los gases de salida por el método de integración No. 2 - (Pag.) para 20 000 ton/año es de aproximadamente 5 millones de dólares, según datos publicados por la compañía que proporciona este tecnología en 1970 (16).

PROCESO O. S. W. - (11, 22, 31, 32)

Bajo este proceso se han construido cinco plantas en su país de origen que son:

TABLA 3.5.

<i>Ubicación</i>	<i>País</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Desde</i>
<i>Linz</i>	<i>Aust.</i>	<i>14 400</i>	<i>1964</i>

TABLA 3.5.

Ubicación	País	Capacidad (ton/año)	Desde
Linz	Aust.	5 000	1970
Linz	Aust.	10 800	1971
Linz	Aust.	10 000	1972
Linz	Aust.	30 600	1974*

* Inician construcción en 1974.

El costo fijo de este proceso no fue posible de obtener debido a que por razones económicas no fue dado a conocer.

3.4. CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS. POR TONELADA DE MELAMINA:

TABLA 3.6.

P R O C E S O*

Materia	BASF Kg.	D. S. M. Kg.	Montedison Kg.	Nissan Kg.
Urea	3 087	2 042	1 700	3 130
Amoniaco	199	967	20	1 300
Bióxido de C.	99	75	-	-
Catalizador	5	-	-	X

* Solamente de estos procesos se tienen datos.

3.5. CONSUMO DE SERVICIOS PARA CADA PROCESO:

PROCESO BASF. - (1)TABLA 3.7.
(por ton. de melamina)

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Vapor	2.27 ton.
Electricidad	1 350 kwh.
Combustible	1.4×10^7 B. T. U.
Agua de enfriamiento	24 m ³ .

PROCESO D.S.M. - (14)

TABLA 3.8.

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Vapor (375 psi)	8.83 ton.
Vapor (60 psi)	2.33 ton.
Vapor (180 psi)	2.00 ton.
Combustible	14.80 M. B. T. U.
Electricidad	833.00 kwh.
Agua de enfriamiento	11.60 m ³ .

PROCESO MONTEDISON. - (15)

TABLA 3.9.

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Electricidad	360 kwh.
Vapor (18 kg/cm ²)	12 500 kg.

TABLA 3.9.

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Vapor (4 kg/cm ²)	2 000 kg.
Vapor (2 kg/cm ²)	3 500 kg.
Agua de enfriamiento	1 200 m ³
Agua deionizada	5 m ³
Combustible (CH ₄)	15.5 x 10 ⁷ B. T. U.

PROCESO NISSAN. - (16)

TABLA 3.10.

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Vapor	3 300 kg.
Electricidad	950 kwh.
Agua de Proceso	1 000 m ³
Agua de enfriamiento	50 m ³
Combustible	1.5 x 10 ⁷ B. T. U.

PROCESO O. S. W. - (111)

TABLA 3.11.

<i>Servicio</i>	<i>Cantidad</i>
Combustible	23.0 M.M. B. T. U.
Vapor	0.4 ton.
Electricidad	1 500.0 kwh.

Fin IX

3.6. POTENCIAL DE ADAPTACION A NUESTRA ESCALA:

Considerando que la mayoría de los procesos conocidos han sido concebidos para volúmenes de producción mucho mayores que los de nuestro mercado, el potencial de adaptación para nuestros niveles de producción de 1 500 ton/año y 2 000 ton/año, se considera bastante difícil para la mayoría de los procesos con excepción del que suministra la compañía Chemical Construction, el cual, por ser para escalas de producción menores podría adaptarse mejor a nuestro medio. Para nuestra tercera proposición de producción (6 000 ton/año). El potencial de adaptación demuestra, ya que las plantas que actualmente están operando tienen una capacidad mínima de este orden de producción (31, 32).

C A P I T U L O I V

L O C A L I Z A C I O N D E L A P L A N T A

Uno de los aspectos más importantes y que con mayor cuidado deben analizarse es el de la localización ó situación geográfica de la unidad de producción. Este aspecto es tan importante para el proyecto como la selección de la tecnología, ya que ésta, sin un sitio adecuado para su funcionamiento, no tendría el éxito esperado.

El objetivo principal es la elección de un lugar que permita reunir los materiales necesarios, realizar los procesos de fabricación y entregar el producto a los clientes con el costo total más bajo posible. Esto implica que, al localizar adecuadamente las instalaciones industriales para la fabricación del producto, se obtendrán reducciones en el costo de producción debido a la recuperación de la inversión realizada en un período de tiempo relativamente corto y al contar con personal y servicios adecuados así como con fuentes de materias primas y centros de consumo cercanos a la planta.

Los factores que más influyen sobre la localización son los centros proveedores de las materias primas y los de consumo.

Como se vió en el estudio de mercado, la zona de consumo se encuentra en el centro del país (D.F. y Edo. de Méx.).

Por lo que respecta a las materias primas y principalmente a la urea Guanos y Fertilizantes de México, S.A. Cuenta con unidades dedicadas a la producción de este material (4) en tres lugares diferentes del país, que

son: Zona Norte, la Unidad Camargo en Chihuahua; Zona Centro, la Unidad Salamanca en Guanajuato, y Zona Sur, la Unidad Minatitlán en Veracruz.

En vista de que las tecnologías para fabricar melamina se han desarrollado integradas a una planta de urea, las Zonas en las que se propone instalar una planta de melamina son las tres mencionadas anteriormente. En consecuencia, se analizan a continuación sus características principales con el fin de poder evaluar y seleccionar la mejor localización de la unidad de producción propuesta.

4.1. ZONA NORTE - UNIDAD CAMARGO, CHIH. (1 381 m/nivel del mar)

La densidad de población dentro de esta Zona, es elevada en relación con las áreas vecinas y tiene las ventajas de disponer de agua y de energía hidroeléctrica generada en la Zona. Como la demanda ha superado a los aprovechamientos actuales ha sido necesario recurrir a la generación termoeléctrica, pero aún quedan reservas hidroeléctricas a distancias accesibles, que en el futuro abastecerán a la Zona (55).

Las industrias que aquí existen, son predominantemente básicas, destacándose la siderurgia, los despepitadores y empaques de algodón, la construcción y la industria química (53).

Por lo que hace a las industrias vitales, hacen acto de presencia en forma relevante los textiles, molinos de trigo y conservas - alimenticias. En esta Zona se produce el 0.2% del total de la industria de transformación.

Las características principales de la Zona son:

a) Abundancia de Materias Primas.

1a. - Urea. -

Cuenta con una planta que tiene una capacidad instalada de 85 000 ton/año y una capacidad de operación de 82 035 - ton/año. Destinándose el total producido para usarlo como fertilizante en las zonas áridas del norte del país (4).

2a. - Amoniáco. -

La Unidad Camargo recibe esta materia prima de la planta que PEMEX tiene en la región por medio de un amonio-ducto que conecta las dos plantas. Este ducto tiene una capacidad de transporte de 160 ton/día (3).

b) Mercado.

El mercado del producto se encuentra localizado principalmente en el centro del país (D. F. y Edo. de Méx.), la distancia que separa a esta Zona del mercado principal es de 1 179 kms.

c) Suministro de Energía y Combustible.

*Está conectada con la hidroeléctrica de la Boquilla - - -
(35 000 KW) por una línea con capacidad para 10 000 KVA.*

*El gas natural es un combustible barato en esta zona - -
(\$105.17/100 m³), debido a convenios que existen para im
portarlo de Texas, pero estos convenios pronto vencerán
y el costo de este combustible aumentará considerable-
mente.*

d) Suministro de Agua.

*El agua procede del caudal del Río Conchos, y se encuen-
tra almacenado en la Presa de la Boquilla en la que se alma
cenan 2 982 millones de m³. Aguas abajo de la cortina de
esta Presa, se encuentra el vaso regulador de la Colina,
con 24 millones de m³ de almacenamiento. Este vaso es
derivado para riego (6). El costo del m³ de agua en esta
Zona es de 0.73 cts./m³ (16).*

e) Clima.

*El clima de esta Zona es seco con altas temperaturas en
verano (35° C) y bajas en invierno (-10° C); tiene una hume-
dad relativa media anual de 50%. Esta Zona se encuentra li
bre de temblores y huracanes.*

f) Transportes.

Está conectada con el resto del país por carretera y ferrocarril.

g) Mano de Obra.

La mano de obra que existe es poco abundante y regularmente no calificada. El salario mínimo general en esta Zona es de \$57.20 (4).

h) Infraestructura.

Es bastante aceptable ya que como hemos visto en los puntos anteriores existen varias industrias que se han establecido en la Zona con éxito aprovechando las facilidades existentes. Algunas deficiencias de esta Zona son: la lejanía de los centros de mayor consumo y la ausencia de servicios de asistencia técnica y de entrenamiento de mano de obra calificada.

4.2. ZONA CENTRO - UNIDAD SALAMANCA, GTO. (1 757 m/nivel del mar):

En esta Zona existe una elevada y uniforme densidad de población, con las características de que es la única Zona del país, donde aparecen numerosos centros urbanos de gran población,

separados por cortas distancias. Los factores naturales y humanos le son en lo general favorables, excepto en el abastecimiento de electricidad, pues no obstante que genera elevado volumen, por situaciones creadas con anterioridad, tiene que proporcionar parte del fluido a sus vecinos, especialmente al centro de Jalisco(55).

En la Zona se destacan principalmente la fabricación de petroquímicos, fertilizantes, cemento, químicos básicos, calzado, textiles y cigarrros.

Está cruzada el área por las troncales ferrocarrileras México-Nuevo Laredo, y México-Ciudad Juárez. La carretera central y dispone de una buena red de caminos interiores.

Los diversos estudios de descentralización industrial (59) señalan esta área como campo propicio para desarrollos futuros, - por su magnífica ubicación en el centro del país y fácil comunicación con los otros centros industriales de México, Guadalajara y Monterrey.

En esta Zona se obtiene el 1.2% del total de la producción nacional de la industria de transformación.

Sus características principales son:



QUIMICO

a) Suministro de Materias Primas.

1a. - Urea. -

Tiene esta Zona una planta con capacidad instalada de - 56 000 ton/año, y una capacidad actual de operación de - 46 886 ton/año. El uso principal de la producción de esta planta es como fertilizante, para el mercado agrícola del centro del país (11).

2a. - Amoniaco. -

Esta unidad está conectada con un amoniacoducto procedente de la refinería de Salamanca. El ducto tiene una capacidad de transporte de 280 ton/día.

b) Mercado.

Esta Zona es la que más cerca se encuentra, ya que prácticamente está en el centro del país, y la distancia que la separa del D. F. es de 234 kms.

c) Suministro de Energía y Combustible.

Por lo que se refiere a electricidad, cuenta con una planta termoeléctrica con capacidad de 14 000 KW y la Zona Centro, que es en donde se encuentra esta Unidad tiene capacidad para 67 675 KW.

Como combustible, el gas natural es abundante y de fácil instalación debido a que esta Zona está conectada por un gasoducto procedente de Ciudad PEMEX, Tab.

d) Suministro de Agua.

Esta Zona es abastecida de agua por el Río Lerma, de gran caudal, destinado principalmente para irrigar la zona agrícola del Bajío.

e) Clima.

Predomina el clima templado, con lluvias abundantes en verano. Las temperaturas medias anuales son: mínima +5° C, máxima 35° C, con una humedad media anual del 60%.

Esta Zona se encuentra dentro de los límites de la región sísmica del centro del país, es escasa en vientos fuertes.

f) Mano de Obra.

La mano de obra calificada no es muy abundante debido a que la mayor parte de la población se dedica a labores agrícolas. No obstante esto, en los últimos años ha aumentado la calidad de la mano de obra debido al desarrollo industrial de esta Zona y a la creación de escuelas tecnoló-

gicas regionales. El salario mínimo general en esta Zona es de \$51.30 (51).

g) Transportes.

Se encuentra comunicada con el resto del país por las líneas de ferrocarril México-Nuevo Laredo; México-Ciudad Juárez y la carretera central.

h) Infraestructura.

Es muy buena debido a que esta Zona ha sido enfocada en los últimos años como una zona industrial que ayude a la descentralización industrial del país y por tal motivo se han desarrollado toda clase de facilidades para la instalación de nuevas industrias.

4.3. ZONA SUR - UNIDAD MINATITLAN, VER. (589 m/nivel del mar).

Esta región es rica en recursos naturales, agrícolas, ganaderos, hidroeléctricos y petroleros, lo que permite disponer de elementos fundamentales para crear una industria variada y suficientes para dotar a la región de mejores condiciones de vida y coadyuvar a elevar las otras Zonas.

En conjunto, el aprovechamiento industrial de los recursos ha permitido que el producto manufacturero de la región crezca a una tasa anual del 8% (59). El desarrollo industrial es también mayor que el promedio nacional y el crecimiento de la producti vidad del doble del valor nacional (6). Es indudablemente una de las regiones mejor dotadas de recursos naturales. Apoyándose en la industria extractiva petrolera de la región ístmica, se ha desarrollado la industria petroquímica. Esta Zona recibirá destacado estímulo al disponer de la energía eléctrica que se producirá en la hidroeléctrica de Malpaso, Chis.

Las características principales de este región son:

a) Abundancia de Materias Primas.

1a. - Urea. -

La capacidad instalada de la planta productora de urea que se localiza en esta región es de 305 000 ton/año. Su capa cidad actual de operación es de 237 915 ton/año, la cual se destina en su gran mayoría a la exportación.

2a. - Amoníaco. -

Esta planta se surte de amoníaco por medio de un amoníu co ducto con capacidad de 548 ton/día.

b) Mercado.

La distancia que existe entre esta región y el mercado principal es de 651 km. Esta distancia no es corta, pero se encuentran muchas facilidades para poder llegar al mercado de exportación ya que dentro de la región se encuentran los puertos de Coatzacoalcos y Veracruz, Ver.

c) Suministro de Energía y Combustible.

La energía eléctrica llega a esta Zona por medio de dos líneas de 28 000 KW procedentes de Pajaritos, Ver., y ha comenzado a recibir también de la hidroeléctrica de Malpaso, Chis., la cual tiene la mayor capacidad generativa del país. Con respecto al combustible, el gas natural es el más abundante y el más barato, debido a la cercanía de las fuentes de producción en el vecino Estado de Tabasco.

d) Suministro de Agua.

El agua en esta Zona es abundante, y es suministrada por el Río Coatzacoalcos el cual tiene un caudal medio anual de 22 394 millones de m³.

e) Clima.

El clima es lluvioso tropical con una humedad relativa - anual del 80%. Las temperaturas media anuales son: mínima +15° C, máxima 40° C.

Esta región forma parte de la región sísmica del istmo y se ve afectada por vientos fuertes y por los huracanes del Golfo de México.

f) Transportes.

Está comunicada con el centro del país por ferrocarril y por la carretera México-Veracruz-Coatzacoalcos-Salina Cruz. Cuenta además con un aeropuerto para aviones medios.

g) Mano de Obra.

Se cuenta con personal calificado y perfectamente entrenado en la industria química, ya que en esta Zona se encuentran instaladas plantas de productos químicos y petroquímicos principalmente.

h) Infraestructura.

Es de lo mejor del país debido a la cercanía de los ricos -

campos petroleros del sureste y tiene tendencia a alcanzar el más alto desarrollo del país.

4.4. COSTOS.

a) Salarios Mínimos: \$/día (4).

TABLA 4.1.

<i>Lugar</i>	<i>Cantidad</i>
<i>Camargo, Chih.</i>	<i>57.20</i>
<i>Salamanca, Gto.</i>	<i>51.30</i>
<i>Minatitlán, Ver.</i>	<i>69.50</i>

Estos salarios han tenido en los últimos años un incremento anual del 22%.

b) Costo Servicios.

Electricidad: cts/kwh (8).

TABLA 4.2.

<i>Lugar</i>	<i>Precio</i>
<i>Camargo, Chih.</i>	<i>10</i>
<i>Salamanca, Gto.</i>	<i>13</i>
<i>Minatitlán, Ver.</i>	<i>9</i>

Gas: $\$/1\ 000\ m^3$.

TABLA 4.3.

<i>Lugar</i>	<i>Precio</i>
<i>Camargo, Chih.</i>	<i>105.17</i>
<i>Salamanca, Gto.</i>	<i>150.07</i>
<i>Minatitlán, Ver.</i>	<i>145.76</i>

Agua: cts/m^3 .

TABLA 4.4.

<i>Lugar</i>	<i>Costo</i>
<i>Camargo, Chih.</i>	<i>73.00</i>
<i>Salamanca, Gto.</i>	<i>61.00</i>
<i>Minatitlán, Ver.</i>	<i>47.00</i>

c) Transportes. (3)

Carretera: El costo se basa en el transporte de un volumen mínimo de 1 000 kg.

TABLA 4.5.

<i>Trayecto</i>	<i>Tarifa (\$/kg)</i>
<i>México-Minatitlán Minatitlán-México</i>	<i>4.50</i>
<i>Camargo-México México-Camargo</i>	<i>3.50</i>
<i>Salamanca-México México-Salamanca</i>	<i>3.00</i>

Ferrocarril:

En trayectos de 100 a 500 kms. \$220.50/ton.

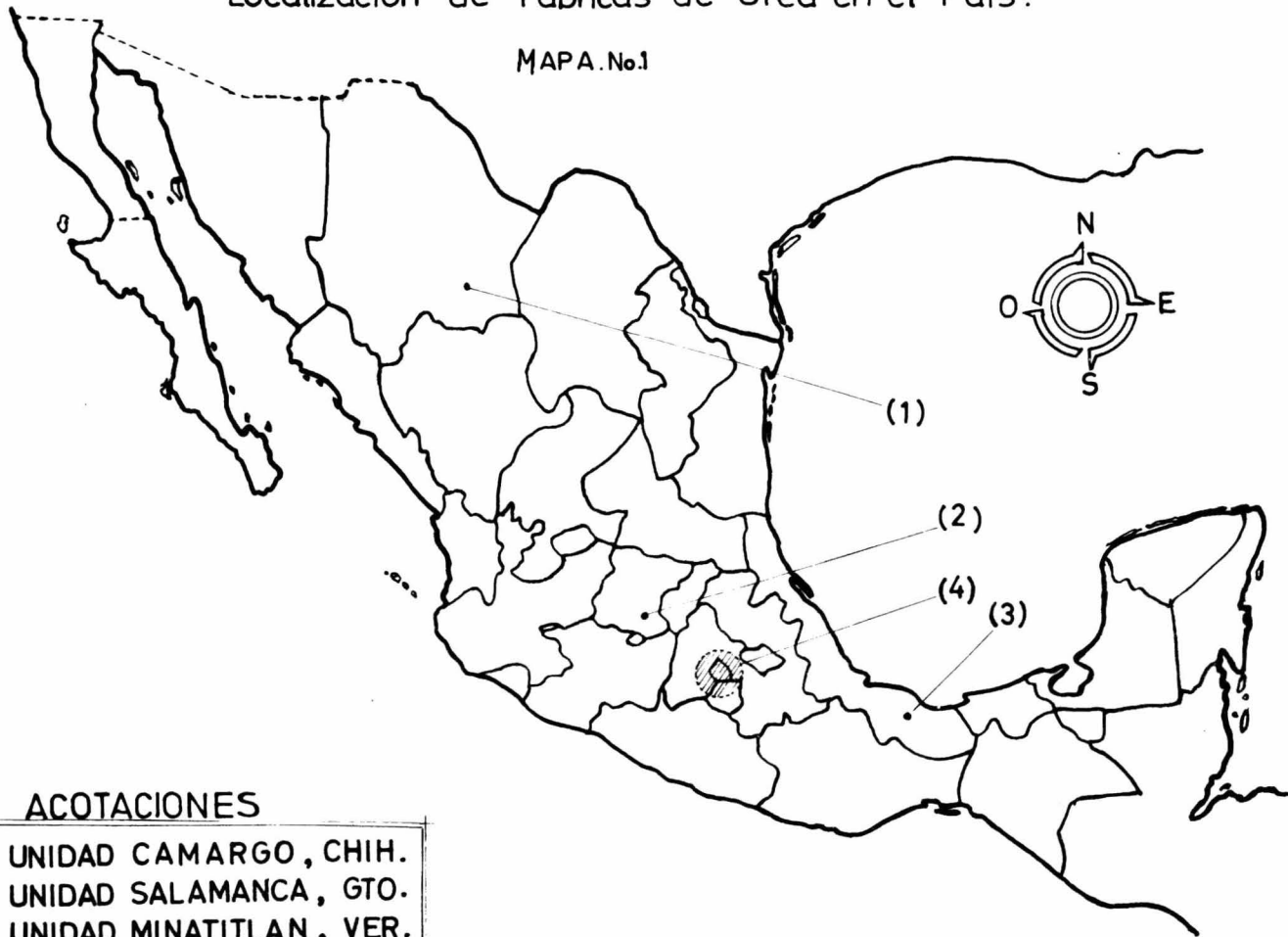
En trayectos de 501 a 1 000 kms. \$258.00/ton.

En trayectos de 1 001 ó más kms. \$289.60/ton.

*De todo lo enunciado anteriormente se concluye que las zo
nas que presentan mayores facilidades para llevar a cabo
el proyecto son: Salamanca, Gro. y Minatitlán, Ver.*

Localizacion de Fábricas de Urea en el País.

MAPA.No.1



ACOTACIONES

- (1) UNIDAD CAMARGO, CHIH.
- (2) UNIDAD SALAMANCA, GTO.
- (3) UNIDAD MINATITLAN, VER.
- (4) MERCADO DE MELAMINA.

C A P I T U L O V

C O M P A R A C I O N E C O N O M I C A
D E A L T E R N A T I V A S

5.1. **COSTO DE LAS ALTERNATIVAS DE PROCESO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES DEL PAIS:**

Antes de poder evaluar el costo de las alternativas para nuestro mercado, es necesario hacer una estimación del valor presente para cada uno de los procesos conocidos, ésta se logra usando alguno de los métodos que para tal fin existen, en este caso se es cogió el método de índices desarrollado por Chiltón y Arnold ya que es el de más fácil aplicación y uno de los más usados. Este método se basa en la siguiente ecuación:

$$C_A = C_B \frac{I_{AC}}{I_{AN}} \dots\dots\dots (1)$$

En donde: C_B = Costo anterior de la planta.

C_A = Costo actual de la planta.

I_{AC} : Índice actual.

I_{AN} : Índice anterior.

*Los índices son publicados periódicamente por la revista **Chemical Engineering**, estos índices están calculados de acuerdo a las variaciones en costos que presenta la industria química.*

Los costos obtenidos por la aplicación de la ec. (1) dieron los siguientes resultados:

TABLA 5.1.

<i>Proceso</i>	<i>Capacidad (ton/año)</i>	<i>Costo actual (millones de pesos)</i>
BASF	20 000	203. 750
BASF	30 000	117. 620
CHEMICO	4 540	49. 250
CHEMICO	9 080	72. 375
D. S. M.	10 000	97. 620
D. S. M.	36 000	265. 000
MONTEDISON	10 000	110. 120
NISSAN	20 000	88. 500

Los ingenieros químicos son generalmente los encargados de preparar las estimaciones de costos de las plantas de proceso, cuando la disposición de la maquinaria y el diseño del equipo se desconocen (41). La exactitud de estos cálculos estará limitada por la cantidad y calidad de la información disponible.

El exponente de escalación (factor de seis décimos) es un método aproximado para la estimación del costo de los equipos de proceso y plantas (33), y ha sido una regla útil a los ingenieros desde que fue desarrollado por Williams, Chilton y otros (37).

El método exponencial para estimación de costos es útil para cálculos aproximados en la fase preliminar al diseño ó, como en este caso, para poder seleccionar la tecnología más adecuada

da según nuestras necesidades. Estas estimaciones siguen la ecuación:

$$C_A = \left(\frac{Q_A}{Q_B} \right)^X C_B \dots\dots\dots (2)$$

En donde: Q_A y Q_B son las capacidades de las dos plantas (ó equipos). A y B; C_A y C_B son los costos de A y B, el exponente X es el exponente de escalación, generalmente se toma 0.6 (seis décimos) cuando no se tienen otros datos.

Uno de los mayores problemas de la industria química en México es la importación y uso de tecnologías que han sido desarrolladas, casi en su totalidad para mercados mucho mayores que el nuestro. Debido a la magnitud de este problema se han deducido y analizado por Frías, Carbajal y Giral, algunos criterios que nos dan una indicación del potencial de deescalación en procesos químicos; potencial que también puede definirse como de adaptación a nuestra escala. Estos criterios de deescalación son una herramienta sumamente útil en la planeación de la industria química nacional.

Giral y Romero, señalan como factor de deescalación para los procesos de fabricación de melamina el de 0.70 (45), y es precisamente este factor el que uso para aplicar la ec. (2), a los costos de las plantas que sería factible construir en México.

De acuerdo a lo propuesto en el Cap. II las capacidades son: 1 500 ton/año; 2 000 ton/año, y 6 000 ton/año. Los costos para estas capacidades de acuerdo a cada proceso son:

TABLA 5.2.
COSTO PROCESO
(Millones de Pesos)

Capacidad (ton/año)	BASF	CHEMICO	D.S.M.	Montedison	Nissan
2 000	23.375	25.087	31.637	35.687	17.650
6 000	50.677	54.150	68.275	77.012	38.100

El exponente real para cada tecnología se puede obtener despejando de la ec. (2). y nos da la siguiente expresión:

$$X = \frac{\ln \left(\frac{C_A}{C_B} \right)}{\ln \left(\frac{Q_A}{Q_B} \right)} \dots \dots \dots (3)$$

Aplicando la ec. (3), a los procesos con dos datos conocidos de costo y capacidad se obtiene:

TABLA 5.3.

Proceso	Exponente
BASF	0.739
CHEMICO	0.555
D. S. M.	0.780

Usando estos nuevos exponentes se obtienen los siguientes costos:

TABLA 5.4.

Capacidad (ton/año)	COSTO - PROCESO (Millones de Pesos)		
	BASF	CHEMICO	D. S. M.
2 000	15.77	31.25	27.87
6 000	35.80	57.50	65.50

Este método del exponente de escalación ó deescalación es conveniente ya que en la mayoría de los estudios económicos la empresa desea saber las necesidades de capital para una nueva planta que tenga 2 ó 3 niveles diferentes de capacidad nominal. Así podrá evaluarse el volumen más pequeño de producción económica y representar gráficamente el efecto estimado que tendría el aumento de capacidad sobre la reducción de los costos de producción y precios de venta a fin de desarrollar un plan de trabajo al futuro.

Es conveniente hacer notar que existen mejores métodos (39, 40), para la estimación de costos, pero he considerado, que el método del exponente de escalación ó deescalación es el más sencillo y apropiado para los fines de trabajo.

5.2. COSTOS DE OPERACION DE ACUERDO A LA TECNOLOGIA EMPLEADA Y A LA LOCALIZACION DE LA PLANTA:

Estos costos tienen como base el Capítulo IV y van de acuerdo a los datos que para cada proceso se pudieron obtener. El costo

de las materias no se ve afectado por la localización de la planta; por el contrario, los servicios varían en costo de acuerdo a la región.

TABLA 5.5.
COSTO MATERIAS PRIMAS POR TON/PRODUCTO
COSTO PROCESO (\$)

Materia	BASF	D. S. M.	Nissan	Montedison
Urea	4 661.37	3 083.42	4 726.30	2 567.00
Catalizador	<u>10.00</u>	<u>-</u>	<u>-</u>	<u>62.50</u>
T O T A L	<u><u>4 671.37</u></u>	<u><u>3 083.42</u></u>	<u><u>4 726.30</u></u>	<u><u>2 629.50</u></u>

La urea es la materia prima principal del proceso determinado la principal contribución al costo de las materias primas. El amoníaco y el bióxido de carbono substancias también importantes para el proceso, debido a que sólo contribuyen en forma poco significativa al arrancar la planta, siendo necesario disponer de cierta cantidad. Estos gases son subproductos de la reacción, y se producen en tal cantidad que el exceso es enviado a una planta de urea. La cantidad extra de NH_3 y CO_2 que produce cada proceso está dado en la siguiente Tabla.

TABLA 5.6.
CANTIDAD SUBPRODUCTOS (kgs.)
PROCESO

Materia	BASF	D. S. M.	Nissan	Montedison
Amoníaco	935	1 000	850	940
Bióxido de Carb.	2 028	1 300	1 140	1 140

El disponer de una planta de urea integrada con la de melamina nos permite un aprovechamiento integral de los subproductos de la reacción, lo que permite una disminución de los costos de operación. Se evalúa el costo de los subproductos en base al precio que cada uno de ellos tiene en el mercado, de acuerdo a lo siguiente:

CO_2 : Su precio promedio es de \$1.90/kg*.

NH_3 : PEMEX lo vende a GUANOMEX a un precio de \$550.00/ton. (3)

De los precios anteriores, para evaluar el costo de los subproductos se toma para el amoníaco, el precio de venta de PEMEX, y para el CO_2 el 50% de su valor comercial, resultando el siguiente crédito:

TABLA 5.7.
CREDITO POR SUBPRODUCTOS (\$) PROCESO

Subproducto	BASF	D. S. M.	Nissan	Montedison
Amoníaco	515	550	467	521
Bióxido de Carb.	<u>1 155</u>	<u>1 235</u>	<u>1 083</u>	<u>1 083</u>
T O T A L	<u>1 670</u>	<u>1 785</u>	<u>1 550</u>	<u>1 604</u>

* Dato de Liquid Carbonic de México, S.A.

Lugar: Salamanca, Gto.

TABLA 5.8.
COSTO - PROCESO (\$)

Concepto	BASF	D. S. M.	Nissan	Montedison
Electricidad	175.50	108.29	133.50	46.80
Gas	15.00	20.00	22.00	25.00
Agua de Enf.	14.64	7.07	610.00	732.00
Agua deioniz.	-	-	40.00	12.50
Vapor	<u>102.15</u>	<u>589.50</u>	<u>148.50</u>	<u>81.45</u>
T O T A L	<u>307.29</u>	<u>724.86</u>	<u>944.00</u>	<u>897.75</u>

Lugar: Minatitlán, Ver.

TABLA 5.9.
COSTO - PROCESO (\$)

Concepto	BASF	D. S. M.	Montedison	Nissan
Electricidad	121.50	74.97	32.40	85.50
Gas	10.00	16.00	20.00	18.00
Agua de Enf.	11.08	5.45	564.00	460.00
Agua deioniz.	-	-	12.50	25.00
Vapor	<u>102.15</u>	<u>589.50</u>	<u>-</u>	<u>148.50</u>
T O T A L	<u>244.73</u>	<u>685.92</u>	<u>628.90</u>	<u>737.00</u>

Otro costo importante es el del flete que cubre el transporte del producto de su centro de producción al de consumo. El tipo de transporte que se elige es el ferrocarril.

rril por ser el más económico y poseer buenas líneas ferroviarias (4.4). Sumando los costos antes mencionados, el costo de operación para cada proceso es:

TABLA 5.10
COSTOS DE OPERACION (\$/ton)
PROCESO

Lugar	BASF	D. S. M.	Nissan	Montedison
Salamanca	3 529.16	2 243.78	4 340.80	2 143.75
Minatitlán	3 504.10	2 242.34	4 171.30	1 912.40

En la Tabla 5.11 se resumen los principales costos de inversiones y de operación de cada uno de los procesos en cada localidad.

Al costo del proyecto tiene que aumentársele de un 3 a un 5% de las ventas netas del producto por concepto de regalías para la compañía que proporciona la tecnología. Este convenio es el más usado para el pago de regalías. (46).

TABLA 5.11.

PROCESO	CAPACIDAD (ton/año)	R E S U M E N D E C O S T O S		T O S			
		INVERSION (millones \$)	COSTO ANUAL* (25% inv.total)	COSTO DE OPERACION Salamanca	COSTO DE OPERACION Minatitlán	COSTO TOTAL ANUAL* Salamanca	COSTO TOTAL ANUAL* Minatitlán
BASF	2 000	15.77	3.942	7 058 320	7 008 200	11.00	10.950
	6 000	35.80	8.950	2 174 950	21 024 600	30.124	29.974
D. S. M.	2 000	27.87	6.967	4 487 560	4 484 680	11.454	11.451
	6 000	65.50	16.370	13 462 680	13 454 040	29.832	29.824
NISSAN	2 000	23.375	5.843	8 681 600	8 342 600	14.524	14.185
	6 000	50.667	12.666	26 044 800	25 027 800	39.710	37.693
MONTEDISON	2 000	35.68	8.920	4 287 500	3 824 800	13.207	12.744
	6 000	77.01	19.252	12 862 500	11 474 400	32.114	30.726

Millones de pesos.

C A P I T U L O V I

C O N C L U S I O N E S Y
R E C O M E N D A C I O N E S

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se enuncian no pretenden ser únicas ni definitivas, y pueden llegar a modificarse, o justificarse cuando se emprenda el estudio definitivo por aquella compañía que se interese en llevarlo a la práctica.

- 6.1. *La demanda nacional del producto durante el año pasado alcanzó la suma de 20 millones de pesos, notándose un incremento del precio del producto en relación al año de 1973 del orden de 24%.*

Se estima, en base a la proyección de la demanda aparente calculada en el estudio de mercado, que durante la vida útil del proyecto el consumo nacional crecerá a razón de un 15% anual. Es de esperarse que, al empezar a funcionar la planta, el consumo tienda a subir durante algún tiempo en forma más rápida, para después volver a su nivel normal de crecimiento anual.

- 6.2. *Los usos actuales del producto en el país son principalmente para la elaboración de artículos termofijados, pinturas y adhesivos, pero estos usos pueden diversificarse al encontrarse el producto en el mercado, ya que esto implicaría una mayor facilidad para su adquisición por parte de las industrias medias y pequeñas, e incluso ayudaría a la creación de nuevas industrias*

en torno al producto en base a los usos descritos en el Cap. II, Inciso: 2.3.

- 6.3. *Sólo se cuenta en América Latina con la construcción de una planta en Brasil para la producción de melamina, la cual resulta en una posible competencia para extender el mercado nacional al mercado potencial de exportación de América Latina. (Cap. III, Pto. 3.3).*
- 6.4. *La planta que se instale en el país deberá ser capaz de cubrir las necesidades presentes y futuras del producto y se propone, con el objeto de abaratar los costos, que esta planta destine la mayor parte de su producción a la exportación.*

Las capacidades propuestas son: de 2 000 ton/año para cubrir la demanda futura en 1980 y 6 000 ton/año para satisfacer además de la demanda futura a un posible mercado de exportación.

La primera estimación se ha hecho en base al estudio de la demanda aparente calculada (Gráfica 9), y la segunda estimación en base a que las plantas comerciales que actualmente están en operación tienen una capacidad mínima del orden de las 5 000 ton/año.

- 6.5. *La selección del proceso se ha hecho sobre una base puramente económica y se han tomado costos de plantas paquete para cada caso, adecuándolos a nuestra capacidad de producción requerida mediante el uso de factores de deescalación propuestos para el producto en particular y de acuerdo a las condiciones del país.*

Del Cap. V se observa que de los procesos estudiados el más económico dados los costos de inversión y operación es el de la Compañía BASF, por lo que se recomienda esta tecnología para llevar a cabo el proyecto. Como se ha mencionado anteriormente - estos costos son de plantas paquete. Este procedimiento para la adquisición de tecnología debe tomarse con ciertas reservas, ya que en muchos casos están lejos de representar la solución ideal a seguir (43, 45, 46). Únicamente se justifica por razones de eficiencia, economía y tiempo, recurrir al mercado internacional para la obtención e importación de la tecnología (know-how) e ingeniería básica de procesos que sean ampliamente conocidos y estén debidamente experimentados y solamente en contadas ocasiones se justifica adquirir el proceso en planta paquete.

En este caso particular se recomienda adquirir solamente el know-how y la ingeniería básica del proceso.

- 6.6. *Uno de los aspectos más importantes de un proyecto y que debe ser analizado con mayor cuidado es el de la localización. El impacto económico que la localización de la planta pueda tener sobre un proyecto es definitivo y de un alto significado. Es definitivo, porque una vez seleccionado el lugar y ejecutado el proyecto, aquel no tiene flexibilidad en cuanto a corrección; simplemente se hizo una selección adecuada o inadecuada y, en cualquier situación, la selección que se haya hecho subsistirá durante la vida útil del proyecto.*

De las zonas industriales estudiadas en el Cap. IV se sugiere como el lugar más adecuado para surtir la demanda local la de Salamanca, Gto., debido a que cuenta con todas las facilidades que el proyecto necesita, y se encuentra prácticamente a un paso del principal centro de consumo que es el D. F. Una segunda sugerencia es poner la planta en la Zona Industrial de Minatitlán, Ver., con el fin de que esta planta, dadas las facilidades existentes en la Zona, no tan sólo surta el mercado nacional, si no que se dedique a la exportación, abaratando con ésto los costos del proyecto.

- 6.7. *Existen dos opciones para poder instalar la planta de melamina integrada con una planta de urea y son:*

- a) *Ubicar la planta de melamina junto a la empresa que fabrica la urea en México, ó*
- b) *Que la Compañía que actualmente fabrica la urea en México lleve a cabo este proyecto.*

De lo enunciado anteriormente se desprende que de lograrse la integración entre las plantas de urea y melamina podrían obtenerse reducciones en el renglón del costo de materia prima, lo cual se reflejaría en el precio de venta de la melamina. La empresa más adecuada para llevar a la práctica este proyecto es Guanos y Fertilizantes de México, S.A., ya que permitiría una mayor disminución del precio de venta del producto como resultado de una expansión horizontal de dicha Compañía.

- 6.8. *Como se vió en el Cap. II, la disponibilidad de materias primas es amplia y de la calidad que el proceso requiere, además de tener un precio menor que el que existe en los países productores de melamina la capacidad total instalada en el país para la elaboración de urea, materia prima principal del proceso, es de 446 000 ton/año. El amoníaco, materia prima secundaria, se produce abundantemente en el país, aunque de este producto sólo se requiere un volumen importante al arrancar la planta, y una vez en operación sólo se necesitan pequeñas cantidades adicionales para restituir pérdidas.*

- 6.9. *El potencial de adaptación a nuestra escala podría considerarse reducido, dado que la mayoría de las plantas que existen en el mundo para la elaboración de este producto trabajan volúmenes de producción muy por encima de los propuestos para una planta en México. Sin embargo Giral y Romero (45) consideran que este proceso es de los menos sensibles a la escala.*
- 6.10. *Se concluye por último que, dentro del país, existen las facilidades necesarias para la construcción y operación de una planta destinada a la fabricación de melamina a partir de urea, ya que la instalación de una planta de este tipo traería ahorros considerables para nuestro país y daría por resultado una mayor captación de divisas provenientes de la exportación del producto.*

10. *La Explosión de los Plásticos. Expansión* 19. Sep. 1973.p. 96.
11. *New O.S.W. Process Make Melamine. A. Schmidt. Hydrocarbon Processing. Nov. 1966 Vol. 45 No. 11 pp. 146-150.*
12. *Lower Investment, Easier Operation to Make Melamine. P. Ellwood. Chem. Eng. Oct. 19, 1970. pp. 101-103.*
13. *Melamine. Chemical Construction Corp. Hydrocarbon Processing. Sep. 1966. Vol. 45 No. 9 p. 302.*
14. *Melamine Process Use Low-Pressure Reactor to Achieve Low Cost. P. Ellwood. Chem. Eng. May 20, 1968. pp. 124-126.*
15. *Make Melamine from Urea. Hydrocarbon Processing. Oct. 1970 p. 104.*
16. *Total Recycle Process Melamine from Urea. A. Okamoto. Hydrocarbon Processing. Nov. 1970 pp. 156-158.*
17. *Make Melamine at Atmospheric Pressure. M. Schwarzmann. Hydrocarbon Processing. Sep. 1969. pp. 184-186.*
18. *Melamine Badische Anilin & Soda Fabrik. A.G. Hydrocarbon Processing. Nov. 1971. p. 177.*

19. *Melamine (DSM). Stamicarbon. N. V. Hydrocarbon Processing. Nov. 1967. Vol. 46 No. 11. p. 201.*
20. *Medium-Pressure Melamine Process Cuts Equipment Sizes. J. T. C. Krekels. European Chemical News Large Plants. Supplement. Sep. 27, 1968. pp. 116-118.*
21. *Melamine (D.S.M.). Stamicarbon. N. V. Hydrocarbon Processing. Nov. 1969. p. 200.*
22. *Melamine: O. S. W. Process. The Power Gas Corp. LTD. Hydrocarbon Processing. Nov. 1967. Vol. 46 No. 11. p. 200.*
23. *Melamine: Osterreichische Stickstoffwerke. A. G. Hydrocarbon Processing. May 1965. p. 218.*
24. *BASF Increase Urea and Melamine Capacities. European Chemical News. Nov. 28, 1969. p. 15.*
25. *Japan and Spain put in Melamine. European Chem. News. Nov 28, 1969. p. 15.*
26. *American Cyanamid Uses D.S.M. Melamine Technology. European Chem. News. Nov. 28, 1969. p. 16.*

27. *Montecatini-Edison wins Soviet Melamine Unit. European Chemical News. Oct. 21, 1966. p. 24.*
28. *Toyo Chem. Sells BASF Processes. European Chem. News. Mar. 3, 1972. p. 16.*
29. *Chemscope Italy 1970. Dec. 25, 1970. pp. 60-64. Published with European Chem. News.*
30. *Chemscope Austria '71. Jul. 2, 1971. pp. 29, 50. Published with European Chem. News.*
31. *New Plants a Survey of Major Chemical Plants Planned under Construction or Completed in Europe de 1969 a 1974. European Chemical News.*
32. *H. P. I. Construction Box Score. Hydrocarbon Processing. 1964-1974.*
33. *The ABC of the 0.6 Scale up Factor . A. B. Woodier y J. W. Woolcock European Chem. News. Sep. 10, 1965. pp. 7-9.*
34. *Find Exponents for Cost Estimates. G. E. Mapstone. Hydrocarbon Processing. May. 1969. pp. 165-167.*

35. *Plant Cost vs. Capacity New Way to Use Exponents.* J. D. Chase. *Chem. Eng. Abr.* 6, 1970. pp. 113-118.
36. *How to Evaluate Licensed Processes.* P.H. Spitz. *Chem. Eng. Dic.* 20, 1967. pp. 91-98.
37. *New Index Shows Plant Cost Trends.* T.H. Arnold y C.H. Chilton *Chem. Eng. Feb.* 18, 1963. pp. 143-152.
38. *Plants Cost Index Points Up Inflation .* C.H. Chilton. *Chem. Eng. Abr.* 25, 1966. pp. 184-190.
39. *Capital Cost Estimates for Process Industries.* J.W. Hackney. *Chem. Eng. Mar.* 7, 1960. pp. 113-116.
40. *Capital Cost Estimating.* K.R. Guthrie. *Mar.* 24, 1969. *Chem. Eng.* pp. 114-142.
41. *Aplicación de Técnicas de Deescalación a la Adaptación de Tecnología.* J.A. Carbajal; J.M. López. R.J.J. Sánchez G. (Tesis - 1972) UNAM.
42. *Principios para Valorar el Potencial de Reducción de Escala en Procesos Químicos.* Frías. A. Tesis 1972 UNAM. pp. 5-23.

43. *Manual para Desarrollo, Transferencia y Adaptación de Tecnología Química Apropriada.* J. Giral. B. Div. de Estudios Superiores. Fac. de Química. UNAM. (1972). pp. 5-23.
44. *CE. Plant Cost. Index. Chem. Eng. En. 20, 1975.*
45. *Aplicación de Criterios Tecnológicos a la Planeación de la Ind. Química en México.* J. Giral. B. y J. E. Romero. Rev. IMIQ. Jul. 1972. pp. 34-41.
46. *Costo de Tecnología.* G.R. Rivera. F. Ing. de Costos No. 4 (1971) pp. 65-75.
47. *Diseño de Procesos.* F.J. Barnés. Rev. IMIQ. Feb. 1972. No. 2 Vol. XIII.
48. *La Localización Óptima de la Unidad Económica de Producción.* Rev. de Economía Política. Madrid. May-Agos. 1973 No. 64 pp. 203-272.
49. *Atlas Porrúa de la República Mexicana.* H. Hernández Millares. A. Carrillo. E. Edit. Porrúa Méx. (1966). pp. 11, 13-14.
50. *Técnicas y Política Tarifaria.* S. C. y T. México, 1974.

51. *Salarios Mínimos 8 Oct. 1974-31 Dic. 1975. Comisión Nacional de los Salarios Mínimos. 1974.*
52. *Las Regiones Geográficas en México. C. Bataillon. Siglo XXI. Editores. Méx. 1973.*
53. *Gografía General de México. J. L. Tamayo. Tomo IV. pp. 490-506. Tomo II. pp. 103-192, 259. Inst. Méx. de Investigaciones Económicas. Méx. 1962.*
54. *Recomendaciones para Localización de Plantas Químicas en América Latina. E. Pacheco Fdz. Tesis UNAM. (1974).*
55. *Cuadernos. C. F. E. Nos. 7 y 10. C. F. E. Méx. 1970.*
56. *Choosing and Planning Industrial Sites. W. B. Speir. Chem. Eng. Nov. 30, 1970. pp. 69-75.*
57. *Guía para la Presentación de Proyectos. ILPES. Siglo XXI. Editores Méx. 1974.*
58. *Geografía de México. M. de la L. Salazar. S. Ed. Herrero. Méx. 1968.*
59. *Localización de Industrias en México. Norman. D. Lees. pp. 43-85.*

Bco. de México. Depto. de Investigaciones Industriales. Méx. 1971.

60. *Chemical Engineering Plant Design. Vilbrand y Dryden. Mc. Graw Hill. New York. pp. 189-264. (1959).*
61. *Secretaría de Recursos Hidráulicos. Tarifas. 1974. S. R. H.*
62. *Localización de Industrias. Rev. IMIQ. Dic. 1972. No. 12. Vol. XII.*