ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS U. N. A. M.

ESTUDIO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 96 TON/AÑO DE M-NITRO P-TOLUIDINA, INTERMEDIARIO COMUN EN LA MANUFACTURA DE PIGMENTOS ROJOS Y AMARILLOS DE TOLUIDINA

T E S I S
QUE PARA OBTENER
EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A

GUILLERMO HUMBERTO BARROSO ANAYA

MEXICO 1965

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

A MIS PADRES

GUILLERMO H. BARROSO CORELLA
FELISA A. DE BARROSO

94947

A MIS HERMANOS

AL ING. ALBERTO URBINA

POR SU ACERTADA DIRECCION EN ESTE TRABAJO

AL ING. JOSE CROWLEY

POR SU VALIOSA AYUDA.

A MI ESCUELA

A MIS MAESTROS

A MIS COMPAÑEROS

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE
MEXICO

ESCUELA NACIONAL DE - —
CIENCIAS QUIMICAS, C.U.
DEPTO. DE PASANTES.

Sr. Director Gral. de Servicios Escolares
Universidad Nacional Autónoma de México
P r e s e n t e .

Me permito comunicar a usted, que la tesis titulada:

"ESTUDIO DE UNA PLANTA PARA LA PRODUCCION DE 96 Ton/Año DE M-nitro p-Toluidina, INTERMEDIARIO COMUN EN LA MANUFACTURA DE PIGMENTOS ROJOS Y AMARILLOS DE TOLUIDINA"

que presenta: EL SR. GUILLERMO HUMBERTO BARROSO ANAYA.

Pasante de la Carrera de: INGENIERO QUIMICO.

fué aceptada por el jurado nombrado para dicho examen, el cual quedó integrado en la siguiente forma:

Presidente	Prof:	ALBERTO URBINA DEL R.
1/er. Vocal	"	ROBERTO ENRIQUEZ M.
2/o . Vocal	"	ENRIQUE VILLARREAL D.
3/er. Vocal	"	DANTE VELASCO L.
Secretario	"	JAIME KELLER E.
Suplente	"	MIGUEL REAL DE MIER.
Suplente	"	FRANCISCO FERNANDEZ N.

A t e n t a m e n t e .
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria, D.F., a 8 de Enero de 1965

EL JEFE DEL DEPTO. DE PASANTES.

QUIM. JULIO TERAN Z.

INDICE

I.- INTRODUCCION

II.- M-Nitro p-Toluidina. Generalidades.

a) Acetilación

b) Nitración

c) Hidrólisis

III.- Cálculo y diseño del equipo

Acetilador

Condensador

Nitrador

Precipitador

Filtro Prensa

Bomba Filtro Prensa

Hidrolizador

Filtro Prensa

Bomba Filtro Prensa

Compresora

IV.- Estudio económico

V.- Conclusiones

VI.- Apéndice

Diagrama de Flujo

Gráficas

VII.- Bibliografía.

I.- INTRODUCCION

I.- INTRODUCCION

El constante crecimiento de la industria de pigmentos en México, ha creado la necesidad, cada vez mayor, de producir tambien las materias primas de que se parte para su obtención. Estas materias primas se denominan productos intermedios. En la industria de pigmentos orgánicos, los cuales son preparados sintéticamente a partir de Hidrocarburos Aromáticos y que son materias prima en la fabricación de pigmentos. La mayor parte de estos productos eran importados, razón por la cual su fabricación en México es de grán importancia, Este trabajo comprende la obtención de la M-Nitro p-Toluidina que es intermediario base en la fabricación de varios pigmentos, entre los que se destacan, por su grán aplicación industrial, los pigmentos rojo y amarillo de Toluidina.

Debido a la restricción de la importación de materia prima por nuestro arancel mexicano, según se desprende de la fracción arancelaria 593-05-11 que dice M-Nitro p-Toluidina (nitro amino toluol) - Kg. legal = $0.40 + 30 % advalorem, sobre precio oficial Kg. legal = $28.50. Esto quiere decir que para importar 1 kg. de M-nitro p-Toluidina que generalmente en el exterior vale $19.00/Kg., hay que pagar a la Sría. de Hacienda por derecho de importación $0.40/Kg. bruto más 30 % sobre $28.50 (precio oficial de Kg. legal) ó sea $8.55

Resumiendo, el precio real en México de la M.Nitro p-Toluidina es de $27.95 sin tomar en cuenta gastos de acarreo, inspección aduanal, almacenamiento, etc. Amén de que además se necesita permiso oficial de la Srià. de Industria para importar, cosa que generalmente niega. En vista de todas estos considerandos, no es difícil que la materia prima salga más cara que como sale el producto elaborado, por lo que incuestionablemente es necesario fabricar el intermediario en México a partir de la p-Toluidina que sale aproximadamente a $0.60/Kg., no necesita permiso de importación y entra en la fracción arancelaria 593-99-49 que paga $0.50/Kg. bruto más 15% advalorem sobre precio oficial de $5.00/Kg. lo que hace que la materia prima salga alrededor de $9.00/Kg. ($7.50 + 0.50 + 0.75 = $8.75).

II.- M-NITRO P-TOLUIDINA

II.- M-NITRO p-TOLUIDINA

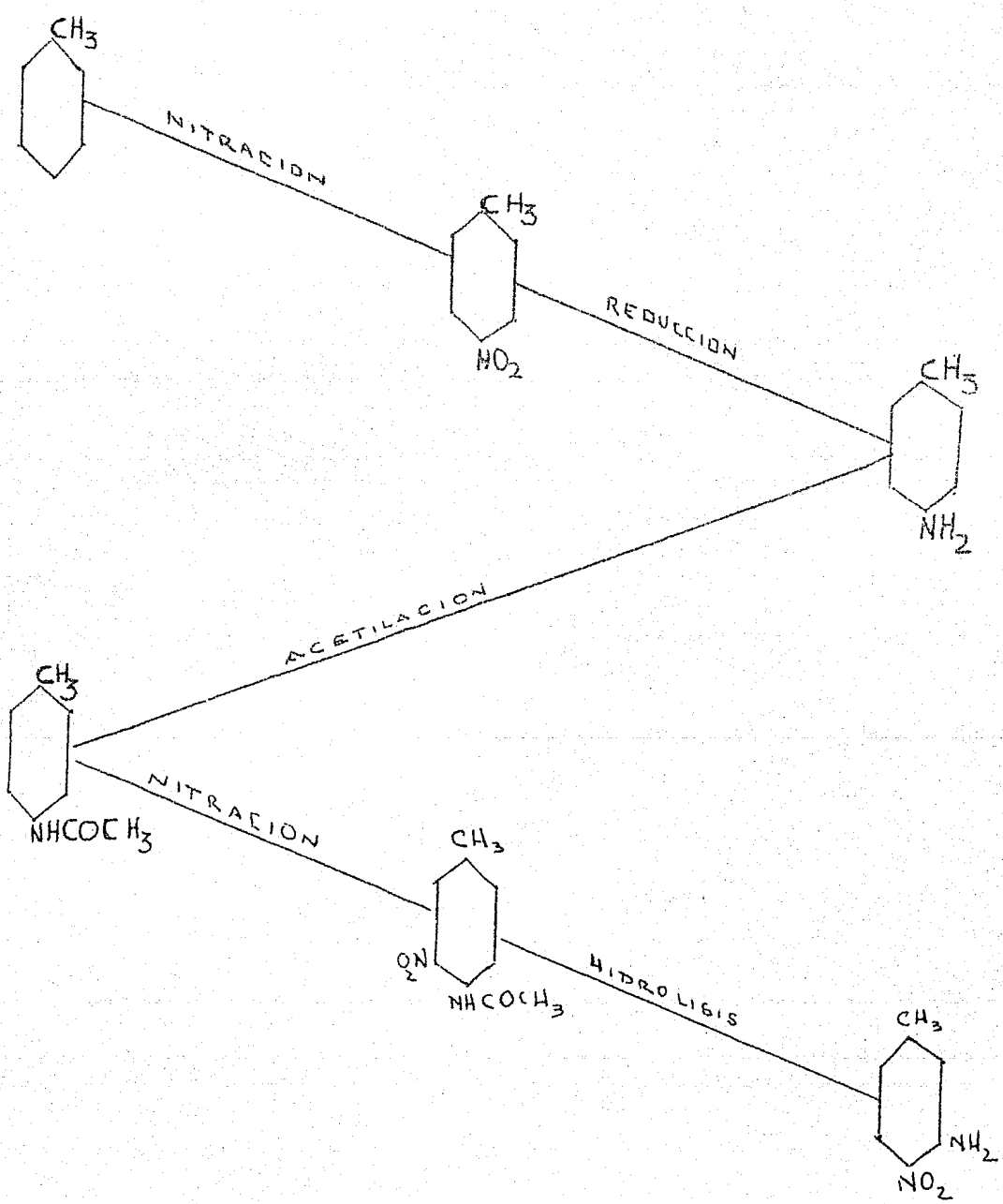
La M-Nitro p-Toludina es un producto importante en la industria de pigmentos orgánicos, ya que como se dijo anteriormente es base en la fabricación de varios pigmentos.

3-Nitro p-Toluidina es la denominación europea con que se conoce este compuesto, ya que relaciona el grupo nitro a posición 3 con respecto al grupo metilo 1. No así la literatura norteamericana, que lo llama 2-Nitro p-Toluidina, debido a que el grupo nitro está en posición 2 con respecto al grupo amino 1. La denominación de Ginebra para dicho compuesto es 1-Metilo 3-Nitro 4-Amino Benceno. Por último, el nombre por el cual se le reconoce más frecuentemente es M-Nitro p-Toluidima.

Según se desprende de su constitución química, la M-Nitro p-Toluidina es un compuesto derivado del tolueno, conforme a los siguientes pasos:

TOLUENO $\xrightarrow{\text{nitración}}$ p-NITROTOLUENO $\xrightarrow{\text{reducción}}$ P-TOLUIDINA $\xrightarrow{\text{Acetilación}}$ P-ACETOTOLUIDIDA $\xrightarrow{\text{nitración}}$ M-NITRO P-TOLUIDIDA $\xrightarrow{\text{hidrólisis}}$ M-NITRO P-TOLUIDINA

Esquema # 1.


CH3
NITRACION
CH3
NO2
REDUCCION
CH3
NH2
ACETILACION
CH3
NHCOCH3
NITRACION
CH3
ON2
NHCOCH3
HIDROLISIS
CH3
NH2
NO2

En este trabajo se estudiará el proceso más adecuado para la obtención de la M-Nitro p-Toluidina a partir de la p-Toluidina.

La razón por la que se parte de la p-Toluidina, es debido a que ésta es un producto relativamente barato, que se produce en grán -- escala en los grandes centros de fabricación de anilinas y productos intermediarios, tanto europeos como americanos. Así, partiendo de la p-Toluidina, el procedimiento a seguir es:

a) Acetilación

b) Nitración

c) Hidrólisis

Cada uno de los pasos descritos anteriormente están representados esquemáticamente en el Diagrama de Flujo (Fig. # 2).

a) ACETILACION

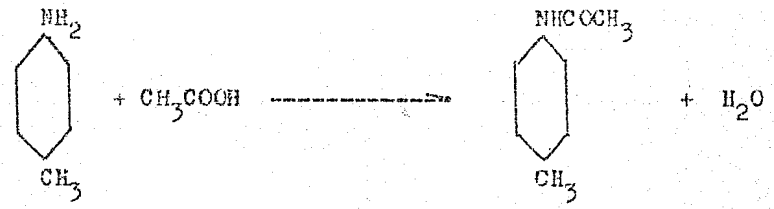
En general, para introducir un grupo nitro a una toluidina, es - necesario, primeramente, acetilar.

La acetilación persigue dos fines muy importantes que son, en primer lugar, proteger a la amina de la acción ozidante del ácido nítrico, y la segunda, no menos importante, que es aprovechar la fuerza - direccional que ejerce el grupo acetilo en en anillo bencénico, orientando al ión nitronio a la posición orto con respecto a la acetoami-

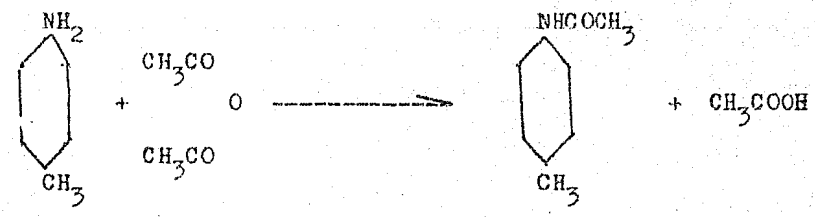
da, para obtenerse de este modo el nitro derivado deseado; sobre todo cuando la posición para está ocupada por el grupo metilo (como - es nuestro caso), que es donde debería ir el grupo nitro y debido a todas estas condiciones, forzosamente pasa a posición orto.

Existen varios procedimientos para acetilar:

1.- Acetilación con ácido acético:



2.- Acetilación con anhidrido acético:



El procedimiento con anhidrido acético, no se describe por considerarse incosteable en México.

La acetilación con ácido acético, se lleva a cabo en un aparato tipo sulfonador ó nitrador de fierro esmaltado ó revestido interiormente de inoxidable, con chaqueta de vapor y con condensador de reflujo.

TECNICA DE ACETILACION.- Se cargan 500 Kg. de p-Toluidina (para la acetilación de 500 Kg. de p-Toluidina se requieren 428 Kg. de ácido acético glacial, proporción molar 2:3) y 342 Kg. de ácido acético glacial en un reactor y se calienta hasta temperatura de ebullición (121°C); se principia en este punto la agitación. Se hierve por espacio de siete horas aproximadamente, reflujando el ácido acético condensador en el condensador de reflujo; al cabo de este tiempo, la temperatura interior baja de 121°C a 114°C. Se destilan alrededor de 55 Kg. de ácido acético de la mezcla. Se requieren aproximadamente dos horas y esta vez la temperatura sube de 114°C a 121°C. Se añaden 86 Kg. de ácido acético nuevo, la temperatura se va elevando paulatinamente a través de la destilación hasta llegar finalmente a 140°C; destilándose en total 157 Kg. de ácido acético. Esta destilación se hace con vacío mediante un jet de vapor durante un tiempo aproximado de seis horas. El destilado se recoge en un tanque que además de recibidor sirve para separar la acetotoluidida arrastrada por los vapores de acético.

La acetotoluidida así formada, queda lista para el siguiente paso que es la nitración. Así pues, si se desea continuar el proceso, la acetotoluidida fundida se descarga, por medio de aire a presión, a través de una válvula convenientemente colocada en el fondo del reactor.

Por el contrario, si se desea suspender en este punto la operación, la acetotoluidida se descarga en una carretilla de fierro ó en charolas del mismo material para enfriarse, secarse y molerse.

b) NITRACION

En la nitración de aminas aromáticas, es esencial proteger el grúpo amino mediante la acetilación de ésta, como se vió anteriormente.

Se tienen que considerar varios puntos en la nitración, para que ésta se realice en la posición deseada, ó sea la posición orto respecto a la amida.

Las consideraciones principales son:

1.- La orientación de los grupos presentes.- Los radicales CH_3 y $NHCOCH_3$ pertenecen a un grupo común, que es el de aquellos que dirigen a las posiciones orto y para. Se considera, sinembargo, que la fuerza de la orientación del grupo $NHCOCH_3$ predomina sobre la del CH_3.

2.- Agente nitrante.- Como agentes nitrantes, se escogieron:

a) Mezcla ácido sulfúrico y ácido nítrico.

b) Acido nítrico.

c) Anhidrido acético y ácido nítrico.

a) MEZCLA SULFO-NITRICA

Sabiendo que la influencia direccional del grupo acetoamido es grandemente debilitado por la presencia de grandes cantidades de ácido sulfúrico, se hicieron mezclas, en varias proporciones, hasta obtenerse la proporción más adecuada.

Mecanismo.- Se considera que el ácido sulfúrico actúa como deshidratante para quitar el agua formada y absorver el calor de la reacción, y de este modo orientar el equilibrio a la derecha. Teorías modernas dicen que el ácido sulfúrico produce un efecto ionizante sobre el ácido nítrico para formar el ión nitronio NO_2^+

$$HNO_3 + H_2SO_4 \rightleftharpoons NO_2^+ + 2HSO_4^- + H_3O^+$$

El nitro compuesto se forma según la reacción:

$$\phi H + NO_2 \text{ ---------- } \phi HNO_2^+$$
$$HNO_2^+ + HSO_4^- \text{ ---------- } \phi NO_2 + H_2SO_4$$

b) ACIDO NITRICO

El ácido nítrico solo, puede ser tambien agente nitrante y además, sirve de solvente a la acetotoluidida.

El ión nitronio resulta de la interacción de dos moléculas de ácido nítrico, confome a la siguiente reacción:

$$2HNO_3 \text{ ---------- } H_2NO_3^+ + NO_3^-$$
$$H_2NO_3^+ \text{ ---------- } H_2O + NO_2^+$$

El nitro compuesto se forma de acuerdo con las siguientes reaceciones:

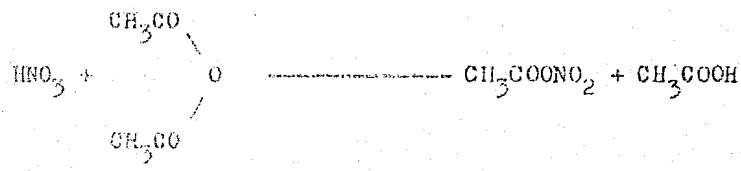
$$\phi H + NO_2^+ \text{ ---------- } \phi HNO_2^+$$
$$HNO_2^+ + NO_3^- \text{ ---------- } HNO_3 + \phi NO_2$$

c) MEZCLA ANHIDRIDO ACETICO Y ACIDO NITRICO

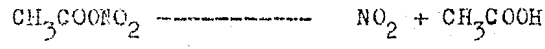
El anhidrido acético se pone en cantidad suficiente para disolver

la acetotoluidida, y sirve además como agente deshidratante. El mecanismo de la nitración, en este caso, es el siguiente:

Se considera que el agente nitrante efectivo para este caso, es el nitrato de acetilo, el cual resulta de la acción del annidrido acético y el ácido nítrico, conforme a la siguientes reacciones:



El ión nitronio, lo proporciona el nitrato de acetilo para formar el compuesto nitrado, conforme a la siguiente reacción:



<u>Condiciones de reacción</u>.- Las condiciones de reacción en la nitración son: temperatura y concentración de las reactivos.

La velocidad de formación del ión nitronio, depende de la concentración del ácido nítrico ó del solvente usado.

Si se emplea ácido nítrico concentrado como solvente y reactivo, la velocidad de formación del ión nitrilo es muy rápida, lo mismo -

que en el caso en que se use una mezcla sulfonítrica.

Si el ácido nítrico es diluido ó se emplean solventes orgánicos (anhidrido acético, ácido acético), la velocidad de formación es más lenta.

Ahora bien, en la nitración la velocidad de reacción depende de la actividad del compuesto aromático. En este caso, la acetotoluidida es muy activa, por lo que se considera que la velocidad de reacción en la nitración es igual a la velocidad de formación del ión - nitronio.

CONTROL

Temperatura.- La reacción de nitración es exotérmica, razón por la que se necesita un medio de enfriamiento adecuado para control de la nitración.

Si la temperatura de nitración es alta, la acción del ácido nítrico aumenta; además de que se corre el peligro de obtenerse otros isómeros nitrados.

Para evitar el peligro de una elevación en la temperatura, en la reacción de nitración, es absolutamente necesario tener una constante y fuerte agitación en la nitración, especialmente si la sustancia por nitrarse no se disuelve en ácido nítrico como en el caso del benceno.

b) NITRACION

En el proceso de nitración, se siguieron los mismos pasos para los tres tipos de mezclas nitrantes,

Pruebas en el laboratorio, dieron los siguientes resultados:

Exp. #	p-Toluidina g.	HNO_3 cc	Diluyente cc	Temp. °C	tiempo horas	Rendimiento g.	%
1	25	68.9	H_2SO_4 10.9	35	11/4	26.2	78.7
2	25	62.3	------	35	11/4	27.5	82.6
3	26	68.9	Ac_2O 132.8	35	2	30.1	90.4

Para las pruebas anteriores, se usó ácido nítrico 42°Be (Sg = 1.4) y ácido sulfúrico 66°Be (Sg = 1.8).

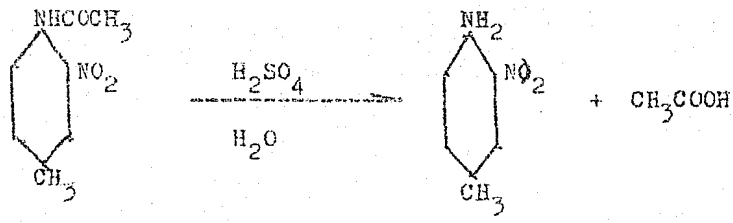
La experiencia que dió mejor resultado en el laboratorio fué la número 3, ya que dió un rendimiento bastante aceptable. Sinembargo, el costo de producción es muy alto debido al precio del anhidrido acético, por lo que se consideró conveniente seguir este método.

Las experiencias 1 y 2, dieron resultados parecidos, optándose por seguir el procedimiento número 2, que tiene un mejor rendimiento.

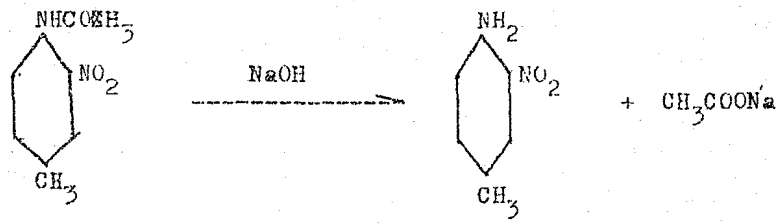
c) HIDROLISIS

La hidrólisis de la acetotoluidida, puede ser en medio ácido ó - alcalino.

La hidrólisis ácido con ácido sulfúrico, se realiza de acuerdo con la siguiente reacción:



La hidrólisis tambien puede ser alcalina usando sosa caústica según la siguiente reacción:



Se siguieron estos dos procesos para hidrolizar, obteniéndose buenos resultados. En la práctica se seguirá la hidrólisis alcalina, ya que de esta manera se ahorra la precipitación que es necesaria en la hidrólisis ácida.

Técnica seguida en los procesos de nitración e hidrólisis.-

La nitración se lleva a cabo en un reactor de acero al carbón con chaqueta y serpentín como medios para regular la temperatura. El reactor es cerrado, provisto de agitador acoplado a un motor.

En el nitrador se vacía la solución nitrante (850 Kg. de ácido nítrico 42°Be). La acetotoluidida fundida (250 Kg.) proveniente del acetilador, se va añadiendo en pequeñas proporciones y en el espacio de una hora; mientras, se agita mecánicamente la mezcla de nitración.

La temperatura durante la nitración, se mantiene a 35°C controlando ésta con el sistema de enfriamiento y calentamiento acondicionado en el reactor. Transcurrido el tiempo de nitración (una hora), se suspende la agitación, manteniendo solo la temperatura por 15 a 20 minutos.

El producto de nitración, se precipitado cristalizado, vaciando la mezcla ácido en un tanque conteniendo hielo y agua 0°C. Las nitrotoluididas se filtran rápidamente en un filtro prensa y se lavan con agua fría hasta quitar la acidez del precipitador. Los isómeros nitrotoluididas, por ser más solubles en agua que la M-Nitro p-Toluidida, se disuelven y se van en el filtrado.

La hidrólisis se efectúa en un tanque de fierro provisto de agitador. La torta escurrida del filtro prensa, se pasa al tanque en el que se vacía una solución de sosa cáustica al 50 % (220 Kg.), la mez

cla se diluye con agua hasta bajar la concentración de la sosa a un 5 %. Se mantiene con agitación a una temperatura de 55°C por espacio de cinco horas. Para completar la hidrólisis, se calienta a 85°C y se lava hasta un pH no mayor de 9.

El producto final, se almacena en forma de torta húmeda para que no crezcan demasiado los cristales y posteriormente usarse en la -- planta de pigmentos y elaborar el rojo y amarillo de Toluidina.

Eficiencia de la reacción 98 %.

III.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO

III.- CALCULO Y DISEÑO DEL EQUIPO

El primer factor que hay que tener en cuenta, antes de calcular la maquinaria de cada uno de los procesos, es el rendimiento promedio que se obtendrá en cada paso, y así vimos anteriormente que:

La acetilación dá un rendimiento de 96 %

La nitración dá un rendimiento de 82.6 %

La hidrólisis dá un rendimiento de 98 %

Por lo tanto, el rendimiento promedio del proceso será:

$$0.96 \times 0.826 \times 0.98 = 0.777$$

Para producir 96 toneladas anuales de material, se necesita producir, aproximadamente, dos toneladas semanarias, que divididas entre seis días de trabajo, hace un promedio de 333 Kg. de M-Nitro p-Toluidina al día.

A su vez, 333 Kg. de M-Nitro p-Toluidina necesitan, teóricamente, 235 Kg. de p-Toluidina; pero como el rendimiento promedio de todos los procesos es 0.777, en realidad se necesitará $\frac{235}{0.777} = 304$ Kg. de p-Toluidina.

En estas condiciones, se puede calcular cada uno de los aparatos descritos en el Diagrama de Flujo (Fig. # 2).

El equipo necesario en la fabricación de este intermediario, es el siguiente:

1.- ACETILADOR - Condensador

2.- NITRADOR

3.- PRECIPITADOR - Compresor

4.- CENTRIFUGA

5.- HIDROLIZADOR

6.- FILTRO PRENSA - Bomba Filtro

1.- ACETILADOR

Entre los materiales más comúnmente usados para la construcción del reactor acetilador y que son apropiados para resistir la acción corrosiva del ácido acético, se tiene: acero inoxidable # 316. metal monel, Hastelloy, etc.

Para esta acetilación en particular, se escogió el acero inoxidable # 316 como material para la construcción del reactor.

El reactor se halla provisto de chqueta para calentamiento con vapor; además, en su parte superior, se encuentra un condensador vertical para reflujo.

Balance de material.-

De acuerdo con el balance total de material, se partirán de 304 Kg. de p-Toluidina.

En la acetilación, la relación molar de ácido acético y p-Toluidina es de 3:2.

Si el número de moles de p-Toluidina es: $\frac{304}{107} = 2.83$

el número de moles de ácido acético será: $3/2 \times 2.83 = 4.25$

4.25 moles de ácido acético equivalen: 255 Kg. (100 %)

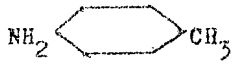
La reacción se efectúa en tres pasos:

1o. Se carga la p-Toluidina con 205 Kg. de ácido acético. Se mantiene a reflujo durante 7 horas.

2o. Se destilan 40 Kg. de la mezcla para eliminar el agua.

3o. Se carga el resto del ácido acético (50 Kg.), para destilarse finalmente al vacío.

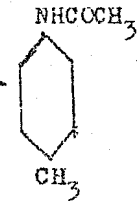
ENTRADA:



---------- 304 Kg.

CH_3COOH ----------, 255 Kg.

REACCIONES:

+ CH_3COOH ----------> 

+ H_2O

107 60 149 18

Eficiencia de la reacción: 96 %.

Se producen:

p-Acetotoluidida $\frac{149}{107} = 304 \times 0.96 = 405$ Kg.

Agua $\frac{18}{107} \times 304 \times 0.96 = 49$ Kg.

Se consumen:

p-Toluidina $304 \times 0.96 = 291$

ácido acético $\frac{60}{107} \times 304 \times 0.96 = 164$ Kg.

Se recuperan:

Ácido acético $255 - 164 = 91$ Kg.

SALIDA:

405 Kg. de

además:

$91 + 49 = 140$ Kg. de solución de CH_3COOH (65 %)

CAPACIDAD.-

Para calcular el volumen del acetilador, se tomaron en cuenta las eficiencias de las reacciones fundamentales para la formación de la m-Nitro p-Toluidina; así, la carga inicial es de 304 Kg. de p-Toluidina y 255 Kg. de ácido acético glacial, sabiendo que las densidades de la p-Toluidina y del ácido acético son respectivamente 1.046 y 1.049 g/cm^3 se tendrá, por lo tanto, un volumen de mezcla aproximadamente de 533 litros ó sean 140 galones, dando un margen en el volumen y quedando finalmente de 200 galones.

Para especificar las dimensiones del reactor, se tomaron como referencia reactores diseñados por la Pfaudler Permutit Inc. Así para un reactor de 200 galones de capacidad, de acero inoxidable, se tienen las siguientes dimensiones:

A = 38" ; B = 48" ; C = 13 1/4" ; D = 103 1/8" (Fig. #5 del apéndice)

Espesor de pared:

CUERPO			CHAQUETA	
PARED	TAPA	FONDO	PARED	FONDO
3/8"	.355"	.355"	1/4"	3/8"

TABLA # 1

Cálculo del agitador.-

Conociendo las propiedades de la mezcla reaccionante, es decir, viscosidad, densidad y diámetro del agitador, que para este tipo de reactores es de turbina, se encuentra la velocidad de agitación.

La velocidad de agitación, por tanto, está en función de las condiciones de reacción y del diámetro del impulsor tipo turbina.

Así, para D = 14" y buena trasmisión de calor en catálogo Pfaudler Permutit Inc. sobre reactores y agitadores de este tipo, recomiendan una velocidad de agitación de 170 r.p.m.

Potencia.-

La potencia del agitador viene dada por la siguiente fórmula empírica, sacada del mismo catálogo:

$$Np = (3.52 \times 10)^{-3} (Np) (Sp\ Gr) \left(\frac{r.p.m.}{60}\right)^3 \left(\frac{D}{12}\right)^5$$

donde:

Np = Número de fuerza

r.p.m. = Revoluciones por minuto

D = diámetro impulsor

M = Viscosidad del fluido

SpGr = Gravedad específica del fluido

NRe = Número de Reynolds

Hp = Potencia en Horse Powers

El número de fuerza Np está dado en función del NRe, que para este tipo de impulsores se encuentra graficado (Gráfica # 1).

El número de Reynolds obedece a la siguiente fórmula:

$$NRe = \frac{10.75\ (Sp\ Gr)\ (r.p.m.)\ (D)^2}{M}$$

Para nuestro caso tenemos:

SpGr = 1.05

r.p.m. 170

D = 14

M = 7 cp

Np = 5.5 (gráfica # 1)

$$Np = (3.52 \times 10^3)\ (5.5)\ (1.05) \left(\frac{170}{60}\right)^3 \left(\frac{14}{12}\right)^5$$

Hp = 1.1

A esta potencia se le tiene que agregar 10 % por pérdidas en reductor, en manejo y 0.5 Hp por fricción, de donde resulta:

$$Hp = 1 + 0.1 + 0.5 = 1.6$$

$$\boxed{\text{Potencia Hp} = 2}$$

BALANCE DE CALOR.-

Como primer punto en este balance, se calculará el coeficiente de trasmisión de calor (U).

Este coeficiente está en función del número de Reynolds y de Prant que para este tipo de reactores está dado por la siguiente ecuación empírica:

$$\frac{hi\ Dt}{k} = 0.4\ (Re)^{0.67}\ (P_1)^{0.33}\ (__)^{0.14} \quad \text{--------} \quad (1)$$

donde:

hi = coeficiente de película en $\frac{BTU}{hi\ ft^2\ {}^oF}$

Dt = diámetro interior del tanque

Re = Número de Reynolds

Pl = número de Prant

= viscosidad de la suspensión

= viscosidad de la suspensión a la temperatura de la pared.

El número de Reynolds corresponde a la siguiente ecuación:

$$Nre = \frac{10.75\ (Sp\ Gr)\ (r.p.m.)\ (D)^2}{} \quad \text{--------} \quad (2)$$

$$P_1 = \frac{C}{k} \quad \text{--------} \quad (3)$$

donde:

Sp Gr = gravedad específica de la solución

D = diámetro del impulsor en pulgadas

C = calor específico de la solución $\frac{BTU}{lb\ ^{o}F}$

k = conductividad térmica $\frac{BTU}{hi\ ft^2\ ^{o}F/ft}$

Para nuestras condiciones tenemos los siguientes valores:

Dt = 40" (3.34 ft)

k = 0.097 $\frac{BTU}{hi\ ft^2\ ^{o}F/ft}$

Sp Gr = 1.05

r.p.m. = 170

= 7 cp (16.9 lb/hi ft^2)

C = 0.52 $\frac{BTU}{lb\ ^{o}F}$

D = 14"

Sustituyendo estos valores en la ecuación (2), tenemos que:

$$NRe = \frac{10.75\ (1.05)\ (170)\ (14)^2}{7} = 5.37 \times 10^4$$

Sustituyendo valores en la ecuación (3), tenemos el número de Prant

$$Np = \frac{0.52 \times 16.9}{0.097} \cong 91$$

Sustituyendo valores en la ecuación (1) y despejando el término hi, tenemos:

$$hi = 0.4 \times \frac{0.097}{3.34} \times (5.37 \times 10^4)^{0.67} \times (91)^{0.3} \times 1$$

$$hi = 2.9 \times 10^{-2} \times 141 \times 10^{3} \times 4.43 \times 0.4 = 72.8 \frac{BTU}{hi\ ft^{2}\ {}^{o}F}$$

Para el vapor en la chaqueta, referido al diámetro interior del reactor:

$$hoi = 1500 \frac{BTU}{hi\ ft^{2}\ {}^{o}F}$$

Usando la superficie interior como referencia:

$$Uc = \frac{hi \times hoi}{hi + hoi} = \frac{72.8 \times 1500}{72.8 + 1500} = 70 \frac{BTU}{hi\ ft^{2}\ {}^{o}F}$$

$Rd = 0.0025$ (coeficiente de ensuciamiento.

$$hd = \frac{1}{Rd} = 400$$

$$U_D = \frac{Uc\ hd}{Uc + hd} = \frac{70 \times 400}{70 + 400} = 60 \frac{BTU}{hi\ ft^{2}}$$

El tiempo necesario para elevar la mezcla, de la temperatura ambiente hasta la temperatura de ebullición, está dado por la siguiente ecuación:

$$\theta = \frac{Mcp}{UA} \ln \frac{T - t_1}{T - t_2} \quad \text{---------} \quad (1)$$

donde:

t_1 = Tempertaura ambiente = $18^{o}C$ = $64^{o}F$

t_2 = temperatura de ebullición = $121^{o}C$ = $250^{o}F$

T = temperatura de vapor = $157^{o}C$ = $3.62^{o}F$

A = area de trasmisión de calor en el reactor.

M = masa de la mezcla = 559 Kg. = 1230 lb

cp = calor específico medio de la mezcla = $0.515 \frac{BTU}{lb\ {}^{o}F}$

U = coeficiente de trasmisión de calor = $60 \frac{BTU}{ft^{2}\ {}^{o}F}$

El area de trasmisión de calor A, depende del volumen de la mezcla y de las dimensiones del reactor. Se usó un reactor de 200 galones con diámetro de 40 pulgadas (1 mt.)

El area de trasmisión para este volumen de mezcla es de 3 m^2 igual a 31.5 ft^2.

Sustituyendo valores en la ecuación (1), tenemos:

$$\theta = \frac{1230 \times 0.515}{60 \times 31.5} \ln \frac{316 - 64}{316 - 250}$$

$$\theta = 30 \text{ minutos}$$

Cantidad de calor para elevar la temperatura de la mezcla de 18°C hasta ebullición 121°C :

$$Q = Mcp\ (t_m - t_a) \text{ -------- } (2)$$

Poniendo valores en la ecuación (2), tenemos:

$$Q = \frac{1230 \times 0.515}{0.5} (250 - 64)$$

$$Q = 236\ 000 \frac{BTU}{hora}$$

CANTIDAD DE CALOR PARA EL REFLUJO

$$Q = \quad = UA\ (T - t_m) \text{ -------- } (3)$$

t_m = temperatura media de ebullición de la mezcla = 118°C

$$Q = 60 \times 31.5 \times (316 - 244)$$

$$Q = 136\ 000 \frac{BTU}{hora}$$

ω = libras de ácido acético y agua evaporadas por hora

λ = calor latente de evaporación = $318 \frac{BTU}{lb}$

CONDENSADOR

Para el cálculo del condensador es necesario fijar las dimensiones de ésta y las condiciones de trabajo.

Se diseñará para las condiciones de trabajo más extremas; en este caso se hicieron los cálculos operando el condensador a vacío. La presión absoluta sería de 4" de mercurio . A esta presión, la temperatura de ebullición será de 67°C (154°F).

El cálculo de esta temperatura se hizo considerando las presiones parciales de vapor de los componentes de la mezcla.

El agua de enfriamiento circula por el lado de la chqueta, la temperatura de entrada del agua es de 15°C (59°F) y la de salida de 40°C (104°F).

El condensador se fabricará de tubos de acero inoxidable de 3/4" 16 BWG, arreglado en paso triangular 1" y con una longitud de tubo de 1.2 metros.

BALANCE DE CALOR EN EL CONDENSADOR

$Q = Cp\ t = W$

$= 6.8 \times 10^3$ lb/hr agua de enfriamiento

$cp = 1$ BTU/lb°F calor específico del agua

$t = 104 - 59 = 45°F$

$W = 360$ lb/hr gasto de vapores de acético-agua

$\lambda = 847$ BTU/lb calor latente a la temperatura de 67°C

$$Q = 6.8 \times 10^3 \times 45 \times 1 = 360 \times 847 = 2.76 \times 10^5 \text{ BTU/hr}$$

La diferencia media logarítmica de temperaturas de las dos co -- rientes será:

FLUIDO CALIENTE	FLUIDO FRIO
$T_1 = 154^oF$	$t_2 = 104$
$T_2 = 154^oF$	$t_1 = 59$

$$\Delta t_2 = 50 \qquad \Delta t_1 = 15$$

$$DMLT = \frac{95 \times 50}{\ln \frac{95}{50}} = 70$$

Para esta cálculo se supuso una $U_D = 107 \text{ BTU/lb}^oF \frac{ft^2}{ft}$

El area de trasmisión de calor será:

$$A = \frac{Q}{U_D \Delta t} = \frac{3.06 \times 10^5}{107 \times 70} = 41 \text{ ft}^2$$

El area por pié de longitud de tubo de 3/4" es de 0.1963 ft^2/ft

Si la longitud del tubo es de 4 ft. el area de tubo será:

$$A_t = 4 \times 0.1963 = 0.7752 \text{ ft}^2/\text{tubo}$$

y el area de tubos:

$$n_t = \frac{41}{0.7752} = 52 \text{ tubos}$$

De la tabla #9 del Kern para un condensador de 52 tubos de 3/4" en paso triangular, tiene un diámetro de carcaza de Dch = 10"

Por el lado de la chaqueta circula el agua de enfriamiento, para el cálculo del coeficiente de película en la chaqueta, se seguirán los siguientes pasos:

1o) Area de flujo de la chaqueta A_S

$$A_S = ID \times C' \times B/144\ Pt = \frac{10'' \times 0.25 \times 2}{144 \times 1} = 0.0348 \text{ (Eq 7.1)}$$

2o) Masa velocidad del agua en la chaqueta Gch

$$Gch = \frac{\omega}{A_S} = \frac{6800}{0.0348} = 196\ 000 \text{ lb/hr ft}^2$$

3o) Se sacaron los valores de las constantes de viscosidad, conductividad térmica, peso específico y calor específico, a la temperatura media del agua.

$$\text{Temperatura media} = \frac{104 + 59}{2} = 81.5^\circ F$$

$$\mu = 0.91 \times 2.42 = 2.2 \text{ lb/ft hr}$$

$$k = 0.356 \frac{BTU}{hr\ ft^2\ {}^\circ F/ft}$$

$$c = 1 \frac{BTU}{lb\ {}^\circ F}$$

4o) Diámetro equivalente:

$$De = \frac{0.95}{12} = 0.0792 \text{ ft} \quad \text{(Fig. \# 28 Kern)}$$

5o) Número de Reynolds en la chaqueta:

$$Rech = \frac{De\ Gs}{\mu} = \frac{0.0792 \times 196\ 000}{2.2} = 7060$$

6o) Con el valor del Reynolds en la Fig. # 28 del Kern, se saca el valor de JH:

$$JH = 45$$

7o) El número de Prant:

$$\left(\frac{C\mu}{k}\right)^{1/2} = \left(\frac{1 \times 2.2}{1.356}\right)^{1/3} = 1.84$$

8o) El coeficiente de película está dado por la siguiente ecuación:

$$ho = JH \times \frac{k}{De} \left(\frac{C\mu}{k}\right) = 46 \times \frac{0.356}{0.0792} \times (1.84) = 370$$

$$ho = 370$$

Dentro de los tubos circulan los vapores de acético-agua, se calculará tambien el coeficiente de película de la siguiente masa (se considera que existen dos pasos en el flujo de los vapores por los tubos)

1.- Cálculo de la temperatura de la pared:

$$t = ta + \frac{hio}{hio + ho} (Fr - ta) = 81.5$$

Se supone un valor de hio de 400 para este cálculo, por tanto:

$$t = 81.5 + \frac{2100}{400 + 370} (154 - 81.5) = 119^{o}F$$

2.- Temperatura del film (a esta temperatura se sacaron todos los valores de las propiedades de la mezcla).

$$t_f = t + t_v/2 = 136.5^{o}F$$

$$= 0.572 \times 2.2 = 1.38 \text{ lb/ft hr}$$

$$k_t = 0.31 \text{ BTU/hr} \frac{ft^2 \, {}^{o}F}{ft}$$

$$S_t = 62.5 \text{ lb/ft}^2$$

3.- Diámetro de flujo de tubos:

$$D = \frac{0.62}{12} = 0.0517 \text{ ft}$$

4.- Masa velocidad G':

$$G' = \frac{W}{T \, N_t \, D} = \frac{360}{314 \times 52 \times 0.0517} = 42.6$$

5.- Número de Reynólds:

$$Re = \frac{4 \, g'}{\mu_f} = \frac{4 \times 42.6}{1.38} = 125$$

6.- Para el cálculo del coeficiente de película, se usará la siguiente ecuación, notándose que el flujo es laminar:

$$\bar{h}\left(\frac{f^2}{k^3 \; f^2 g}\right)^{1/3} = 1.5 \left(\frac{4\,G'}{f}\right)^{-1/3}$$

despejando el valor de h = hi :

$$hi = 1.5 \left(\frac{K^3 \; f^2 g}{f}\right)\left(\frac{f}{4\,G'}\right)^{1/3} =$$

$$hi = 1.5 \times \left(\frac{0.31^3 \times 62.5^2 \times 4.18 \times 10^8}{1.9}\right)^{1/3} \left(\frac{1}{125}\right)^{1/3}$$

$$hi = 406$$

$$hio = 406 \times \frac{0.62}{0.75} = 336 \text{ BTU/ hr ft}^2\ {}^{\circ}F$$

Con los dos valores de los coeficientes de películas, se obtiene el valor del coeficiente total de trasmisiones de calor ch, mediante la siguiente ecuación:

$$U_c = \frac{hio \times ho}{hio + ho} = \frac{336 \times 370}{706} = 176$$

Se considera un coeficiente de ensuciamiento de Rd = 0.004

El valor del coeficiente total de trasmisión de calor será:

$$U_D = \frac{Uc \times 1/Rd}{Uc + 1/Rd} = \frac{176 \times 250}{176 + 250} = 103$$

El valor supuesto de Ud chaca con el calculado:

$$107 = 103$$

<u>Cálculo del area de calentamiento del condensador</u> .-

El cálculo de esta area de basa en el flujo de vapor en la destilación. Se considera que el coeficiente de trasmsisión de calor es de 130 BTU/hr ft^2 $^{\circ}$F. Se opera al vacío con una presión absoluta de 4" Hg; la temperatura de ebullición es de 57°C = 154°F. El calor de evaporación de la mezcla acéticoágua es h = 847 BTU/lb

El flujo de calor en estas condiciones será:

$$M = \frac{UA\,\Delta t}{\lambda} = \frac{60 \times 31.5 \times (316-154)}{847} = 360 \text{ lb/hr}$$

En el condensador:

T = temperatura de los vapores = 67°C = 154°F

t_1 = temperatura de entrada del agua = 15°C = 59°F

t_2 = temperatura de salida del agua = 40°C = 104°F

$$\Delta t_m \log = \frac{(T - t_2) - (T - t_1)}{\ln \frac{T - t_2}{T - t_2}}$$

$$\Delta t_m \log = \frac{(154 - 104) - (154 - 59)}{\ln \frac{154 - 104}{154 - 59}} = 60$$

El calor trasmitido al condensador, está dado por la siguiente ecuación:

$$Q = M\lambda = UA\,\Delta t_m \log$$

De la ecuación anterior despejamos el area:

$$A = \frac{M}{UA\ t_m \log}$$

Sustituyendo los valores correspondientes, tenemos que:

$$A = \frac{360 \times 450}{130 \times 60} = 39.2 \text{ ft}^2$$

2.- NITRADOR

Los materiales comúnmente usados en la fabricación de nitradores son acero inoxidable #304 y 316. En la práctica se obtuvieron mejores resultados con el acero inoxidable #316.

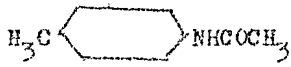
El nitrador es cerrado, tiene en su parte interior un serpentín

como medio para regular la temperatura en la reacción. Está provisto, además, de agitador acoplado a un motor.

Balance de material.-

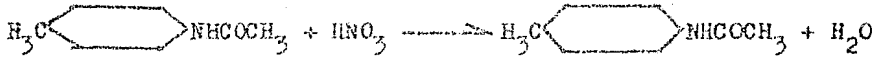
ENTRADA:

HNO_3 ---------- 1400 Kg. (42°Be) = 920 Kg. (100 %)



---------- 405 Kg.

REACCION:



Eficiencia de la reacción = 82.6 %

Nota.- En esta eficiencia entra la precipitación.

Se producen:

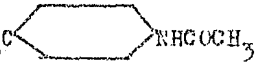
N-Nitro p-Acetotoluidida 194 x 405 x 0.826 = 430 Kg.

agua = $\frac{18}{149}$ x 405 x 0.826 = 44 Kg.

Se consumen:

Ácido nítrico $\frac{63}{149}$ x 405 x 0.826 = 142 Kg.

SALIDA:

430 Kg. 

además:

920 - 142 = 778 Kg. de HNO_3

500 + 44 = 544 de H_2O

405 - 330 = 75 Kg. de

CAPACIDAD.-

El volumen del nitrador es mayor al del acetilador. Así, considerando un producto de acetilación de 405 Kg. y 1420 (42°Be) de ácido nítrico como carga y conociendo que las densidades de la p-acetotoluidida y el ácido nítrico son respectivamente de 1.21 y 1.4 g/cm^3, tendremos un volumen aproximado de 350 galones, dando un margen en el volumen del reactor de 500 galones.

Dimensiones.- Según catálogo de Pfaudler Permutit Inc.

A	B	C	D
68 3/8"	80 3/8"	15 1/4"	141 1/8"

Espesor del metal.-

PARED	TAPA	FONDO	PARED	FONDO
1/2"	0.404" min.	0.404" min.	5/16"	3/8"

El agitador es de tipo turbina, la velocidad de agitación está.- en función del diámetro del agitador y de las condiciones de la reacción.

Para D = 14" y buena conducción de calor, literatura Pfaudler Permutit Inc., especializada en reactores de este tipo, recomienda una velocidad de agitación de 200 r.p.m.

La potencia del agitador está dada por la siguiente ecuación empírica:

$$Hp = (3.52 \times 10^{-3})\ (Np)\ (Sp\ Gr)\ \left(\frac{r.p.m.}{60}\right)^3 \left(\frac{D}{12}\right)^5 \text{ ------- } (1)$$

Para nuestro caso tenemmos:

SpGr = 1.35

r.p.m. = 200

D = 16"

M = 5 cp

Np = 5.5 (gráfica # 1)

Aplicando la ecuación (1), tenemos:

$$Hp = (3.52 \times 10^{-3}) \times 5.5 \times 1.35 \times \left(\frac{200}{60}\right)^3 \left(\frac{16}{12}\right)^5$$

$$Hp = 4.05$$

A esta potencia se le tiene que agregar 10 % por pérdidas en el manejo y 0.1 por fugas de fuerza, resultando:

$$Hp = 4.05 + 0.40 + 0.5 = 4.95$$

$$\boxed{\text{Potencia Hp} = 5}$$

BALANCE DE CALOR

El calor generado por la reacción será:

$$Q = 2.88 \times 10^5 \text{ BTU/hr}$$

Por la chaqueta circula agua de enfriamiento, la temperatura de entrada es de 15°C y la de salida es de 25°C.

El calor cedido por la reacción, es igual al calor arrastrado por el agua, así tenemos:

$$Q = cp\,(t_2 - t_1) \text{ ---------- } (1)$$

Agua de enfriamiento será:

$$= \frac{Q}{cp(t_2-t_1)} = \frac{2.88 \times 10^5}{1\ (77-59)} = 3.2 \times 10^4$$

$$= 3.2 \times 10^4 \text{ lb/hr}$$

Cálculo de U:

El coeficiente total de trasmisión de calor está en función de los coeficientes de película de la mezcla nitrante y del agua de enfriamiento. Para obtener estos coeficientes se parte de la siguiente ecuación empírica:

$$\frac{hi\ Dr}{k} = 0.4\ (Re)^{0.67}\ (\quad r)^{0.32}\ (___)^{0,14} \text{ ---------- } (1)$$

En este caso los valores de las constantes será:

$hi = ?$

$Dr = 48''$ (4 pies)

$SpGr = 1.2 \times 0.225 + 1.4 \times 0.775 = 0.272 + 1.08 = 1.352$

$r.p.m. = 200$

$= 5\ cp \times 2.42 = 12.10$

$cp = 0.6 \times 0.225 + 0.63 \times 0.775 = 0.135 + 0.486 = 0.621$

$M = 149 \times 0.225 + 62 \times 0.775 = 33.5 + 48.8 = 82.3$

$$k = 0.00226 + 1.56(0.621-0.45)^3 + 0.3(1.352)^{1/3} + 0.0242\left(\frac{\quad}{1.352}\right)^{1/9}$$

$$k = 0.00226 + 0.266 + 0.76 + 0.0276 = 1.055\ \frac{BTU}{lb\ ft^2\ hr/ft}$$

$D = 16''$

De la ecuación (2):

$$NRe = \frac{10.75 \times 1.552 \times 200 \times 16^2}{5} = 149 \times 10^5$$

De la ecuación (3):

$$Np = \frac{0.621 \times 12.1}{1.055} = 7.14$$

$$hi = \frac{0.4 \times 1.055}{4} \times (1.49 \times 10^5)^{0.67} \times (7.1)^{0.33} \times 1$$

$$hi = 583 \ \frac{BTU}{hr\ lb\ ^oF}$$

$$hio = 583 \times \frac{48}{50} \times 660$$

$$D_2 = 50'' = 4.17 \ ft$$

$$D_1 = 48'' = 4 \ ft$$

$$De = \frac{D_2^2 - D_1^2}{D_1} = \frac{17.4 - 16}{4} = 0.35 \ ft$$

$$SpGr = 1$$

$$= 1 \times 2.42 = 2.42$$

$$cp = 1$$

$$k = 0.35$$

$$w = 1.6 \times 10^4 \ lb/hr$$

$$A_a = (D_2^2 - D_1^2) = 1.1 \ ft^2$$

$$G = \frac{w}{A_a} = \frac{1.6 \times 10^4}{1.1} = 1.46 \times 10^4$$

$$Re = \frac{De\ G}{\mu} = \frac{1.46 \times 10^4 \times 0.35}{2.24} = 2.11 \times 10^3$$

$$Pr = \frac{C\mu}{k} = \frac{(1 \times 2.42)}{0.35} = 6.9$$

$$ho = \frac{0.4 \times 0.35}{0.35} (2.1 \times 10^3)^{0.67} \ (6.9)^{0.33}$$

$$ho = 124$$

$$U_D = \frac{hio\ ho}{hio + ho} = \frac{660 \times 124}{684} = 101$$

$$R_d = 0.0025 \qquad 1/R_d = 400$$

$$U_c = \frac{400 \times 101}{501} = 81 \ \frac{BTU}{hr\ lb\ ^oF}$$

3.- PRECIPITADOR

La m-Nitro p-Acetotoluidida formada, se encuentra mezclada con el ácido nítrico en exceso de la reacción anterior. Esta es pasada, del nitrador al precipitador, por medio de una tubería de acero inoxidable usando aire a presión, donde se cristaliza sobre una mezcla de hielo-agua (500 Kg. de hielo y 330 Kg. de agua).

Debido a que la concentración del ácido nítrico es grande, se use acero inoxidable # 316 para la construcción del precipitador.

El volumen apróximado de la suspensión es de 2200,litros. Se diseñará un tanque de 3000 litros para dar un margen.

Si la relación de altura-diámetro es de 1.5, se tendrán las siguientes dimensiones, considerando que el tanque es de forma cilíndrica:

$$V = 0.785\ D^2 L \text{ --------(1)}$$

La relación $\frac{L}{D} = 1.5$

luego:

$$L = 1.5\ D$$

por tanto:

$$V = 0.785 \times 1.5 \times D^3 \text{ -------- (2)}$$

$$V = 3000\ dm^3 \text{ -------- (3)}$$

Igualamos (2) y (3):

$$3000 = 0.785 \times 1.5 \times D^3$$

donde:

$$D = \frac{3000}{1.5 \times 0.785} = 2540 = 1.37 = 1.40 \text{ mts.}$$

$$L = 1.5 \times 1.4 = 2.10 \text{ mts.}$$

Las dimensiones del precipitador serán:

$D = 1.40$ mts.

$h = 2.10$ mts.

Espesor de lámina.-

Se usará lámina de acero de 1/8"

Cálculo del agitador.-

El agitador es de tipo de turbina con un diámetro de 16". En literatura especializada se encontró que para un diámetro de 16" y - buena agitación, la velocidad del impulsor deberá ser de 150 r.p.m.

Potencia.-

La potencia del agitador viene dada por la siguiente fórmula empírica:

$$Hp = 3.52 \times 10^{-3} (Np)(Sp\ Gr)\left(\frac{r.p.m.}{60}\right)^3 \left(\frac{D}{12}\right)^5 \text{ -------- } (4)$$

El número de fuerza Np está en función del número de Reynolds modificado. Hay gráficas donde se encuentra esta relación para este - tipo de impulsores (gráfica #1).

El número de Reynolds obedece a la siguiente ecuación:

$$NRe = \frac{10.75(Sp\ Gr)(r.p.m.)\ D^2}{} \quad \text{--------} \quad (5)$$

Para nuestro caso, tenemos:

D = diámetro del impulsor = 16"

r.p.m. = velocidad = 150

SpGr = gravedad específica = 1.2

μ = viscosidad = 6 cp

NRe = Número de Reynolds = 12 000

Np = número de fuerza = 5.5

Aplicando la ecuación (4), tenemos que la potencia será:

$$Hp = (3.52 \times 10^{-3})\ (5.5)\ (1.4)\ \left(\frac{150}{60}\right)^3 \left(\frac{16}{12}\right)^5$$

$$Hp = 1.8$$

A la potencia teórica calculada con la fórmula, se le tiene que agregar 10 % por pérdidas en el manejo y 1/2 Hp por fugas de fuerza.

Así la potencia real será:

$$Hp = 1.8 + 0.5 + 0.18 = 2.6$$

$$\boxed{\text{Potencia real} = 3\ Hp}$$

4.- FILTRO PRENSA

Para el diseño del filtro prensa, se hicieron pruebas en un filtro prensa piloto con placas y marcos de madera, con area de filtración conocida, filtrando una suspensión con las mismas características y en la misma proporción de sólidos que la que se usará en la planta.

Se hicieron pruebas, a diferentes presiones, con el fín de conocer las constantes (Rc) resistencia específica de la torta y (r) resistencia del medio filtrante, de la ecuación general de filtración. Para cada presión, se tomaron los tiempos y volúmenes del filtrado, obteniéndose un valor de Rc y r respectivamente. Conocidos estos valores y conociendo tambien la forma general de la ecuación empírica se obtienen los resultados siguientes:

1) <u>Datos directos</u>

430 Kg. de M-Nitro p-Toluidida (960 libras)

2197 Kg. de solvente

$t = 10^{o}C$

2) <u>Datos indirectos</u>

Volumen del solvente $= \frac{2197}{1.2} = 1825$ Hs $(64.6\ ft^3)$

$$\omega = \frac{\text{lb sólido retenido}}{ft^3 \text{ de solvente}}$$

$$\omega = \frac{960}{64.6} = 14.7\ lb/ft^3$$

$A = 8\ ft^2$ (area de filtración prensa filtro)

3) <u>Ecuación para filtración</u>

$$\theta = \frac{\mu}{gc(-\Delta P)}\left[\frac{\omega Rc}{2}\left(\frac{V}{A}\right)^2 + \frac{(V)}{A}\ r\right] = \frac{\mu}{gcA(-\Delta P)}\left[\frac{\omega Rc}{2A}\ V^2 + Vr\right] \quad (1)$$

Simplificando:

$$\theta = \alpha\left[\beta V^2 + Vr\right]$$

Donde:

$$\alpha = \frac{\mu}{gcA(-\Delta P)}$$

$$\beta = \frac{\omega Rc}{2A}$$

Derivando la ecuación (1), respecto al volumen y a presión constante tenemos que:

$$\frac{d\theta}{dV} = 2\kappa\beta V + \kappa r \text{ ---------- } (2)$$

Esta ecuación nos representa una recta de forma $y = mx + b$

Donde:

$$m = 2\kappa\beta \text{ ---------- } (3)$$

$$b = \kappa r \text{ ---------- } (4)$$

Despejando los valores de Rc y r de las ecuaciones (3) y (4) respectivamente, tenemos:

$$Rc = \frac{mA}{\kappa} \text{ ---------- } (3')$$

$$r = \frac{b}{\kappa} \text{ ---------- } (4')$$

1a) Prueba con presión constante de 20 psig (Tabla #1)

$P = 20$ psig

$(-\Delta P) = 20$ psia $= 2880$ lb/ft^2

$\Delta V = 1$ litro

$b = 1.7$ Estos valores están sacados de la recta (1)

$m = 1.78$ gráfica #1

$$m = 2\beta = \frac{2\kappa\omega Rc}{2A}$$

$$Rc = \frac{mA}{\kappa\omega} = \frac{1.78 \times 8\,(28.3)^2}{1.37 \times 10^{-9}} = 5.9 \times 10^{11} \text{ ft/lb}$$

$$r = \frac{b}{\kappa} = \frac{1.7 \times 28.3}{1.37 \times 10^{-9}} = 3.52 \times 10^{10} \text{ ft/lb}$$

Los valores de $\Delta\theta / \Delta V$ como ordenada y $\bar{V}$ como absisa, están representados en la gráfica # 1.

2a) <u>Prueba con presión constante de 30 psig (Tabla #2)</u>

$P = 30$ psig

$(-\Delta P) = 30$ psia $= 4320$ lb/ft^2

$V = 1$ litro

$b = 1.25$ Estos valores están sacados de la recta (B)

$m = 1.34$ gráfica #1

$$Rc = \frac{1.34 \times 8 \times (28.3)^2}{9.1 \times 10^{-10} \times 14.7} = 6.4 \times 10^{11}$$

$$r = \frac{1.25 \times 28.3}{9.1 \times 10^{-10}} = 3.8 \times 10^{10}$$

3a) <u>Prueba con presión constante de 40 psig (Tabla #3)</u>

$P = 40$ psig

$(-\Delta P) = 40$ psia $= 5780$ lb/ft^2

$V = 1$ litro

$b = 0.93$ Estos valores están sacados de la recta (C)

$m = 1.08$ gráfica #1

$$Rc = \frac{1.08 \times 800 \times 8}{14.7 \times 6.8 \times 10^{-10}} = 7 \times 10^{11}$$

$$r = \frac{0.93 \times 28.3}{6.8 \text{ c } 10^{-10}} = 3.9 \times 10^{10}$$

V	θ	$\bar{V}$	$\Delta\theta/\Delta V$
0	2.5	0	0
1	7	0.5	2.5
2	13.5	1.5	4.5
3	21.5	2.5	6.5
4	30.0	3.5	8.0
5	41.5	4.5	9.5
6	55.5	5.5	11.5
7	71.0	6.5	14.0
8	88.5	7.5	15.5
9	108	8.5	17.5
10		9.5	19.5

Tabla # 1

V	θ	$\bar{V}$	$\Delta\theta/\Delta V$
0	0	0	0
1	2	0.5	2
2	5.5	1.5	3.5
3	10.0	2.5	4.5
4	16.0	3.5	6.0
5	23.5	4.5	7.5
6	32.0	5.5	8.5
7	42.0	6.5	10.0
8	53.5	7.5	11.5
9	66.0	8.5	12.5
10	80.0	9.5	14.0

Tabla # 2

V	θ	$\bar{V}$	$\Delta\theta/\Delta V$
0	0	0	0
1	1.5	0.5	1.5
2	4.0	1.5	2.5
3	7.5	2.5	3.5
4	12.0	3.5	4.5
5	17.5	4.5	5.5
6	24.0	5.5	6.5
7	32.0	6.5	7.8
8	33.5	7.5	8.5
9	43.5	8.5	10.0
10	55.0	9.5	11.5

Tabla # 3

El valor de la constante Rc está dado por la siguiente ecuación empírica:

$$Rc = C\ (\Delta P)^S \quad \text{--------} \quad (5)$$

Donde C y S son constantes empíricas determinadas prácticamente.

Conociendo tres valores de Rc a diferentes caidas de presión y graficando estos valores en una escala log-log, la pendiente de esa recta nos dará el valor de S. Conociendo S, de la ecuación (5), se saca el valor de C.

"S" es una medida cuantitativa de la compresibilidad, varía de 0.1 a 1 a medida que la compresibilidad disminuye. "C" es una constante determinada por las propiedades de las partículas que forman la torta del filtro.

De la misma manera, la constante r está dada por una ecuación empírica similar a la ecuación (5) y que es:

$$r = C' (\Delta P)^{S'} \text{ --------- } (6)$$

Siendo C' y S' constantes empíricas determinadas prácticamente.

Conociendo tres valores de r a diferentes caidas de presión y graficándolas en una escala log-log, se obtiene el valor de la pendiente S'. Conociendo el valor de S' para una caida de presión determinada y aplicando la ecuación (6), se saca el valor de C'.

Rc	r	P
$6x10^{11}$	$3.52x10^{10}$	2880
$6.4x10^{11}$	3.8×10^{10}	4320
$7x10^{11}$	$3.9x10^{10}$	5780

$S = 0.275$

$S' = 0.166$

$Rc_{20} = 6.0 \times 10^{11} = C_{20}(2880)^{0.275}$ $\quad C_{20} = 6.7 \times 10^{10}$

$Rc_{30} = 6.4 \times 10^{11} = C_{30}(4320)^{0.275}$ $\quad C_{30} = 6.4 \times 10^{10}$

$Rc_{40} = 7.0 \times 10^{11} = C_{40}(5780)^{0.275}$ $\quad C_{40} = 6.5 \times 10^{10}$

$$\bar{C} = \frac{C_{20} + C_{30} + C_{40}}{3} = 6.52 \times 10^{10}$$

$$\boxed{Rc = 6.52 \times 10^{10} (\Delta P)^{0.275}}$$

$$r_{20} = 3.52 \times 10^{10} = C'_{20}(2880)^{0.166} \qquad C'_{20} = 9.87 \times 10^{9}$$

$$r_{30} = 3.8 \times 10^{10} = C'_{30}(4320)^{0.166} \qquad C'_{30} = 9.75 \times 10^{9}$$

$$r_{40} = 3.9 \times 10^{10} = C'_{40}(5780)^{0.166} \qquad C'_{40} = 9.3 \times 10^{9}$$

$$C' = \frac{C'_{20} + C'_{30} + C'_{40}}{3} = 9.6 \times 10^{9}$$

$$\boxed{r = 9.6 \times 10^{9} (\Delta P)^{0.166}}$$

<u>Diseño del filtro.-</u>

$$\theta = \frac{\mu}{gc(\Delta P)} \left[\frac{Rc}{2} \left(\frac{V}{A}\right)^2 + \left(\frac{V}{A}\right) r \right]$$

$$\alpha\beta \left(\frac{V}{A}\right)^2 + \left(\frac{V}{A}\right) r\alpha - \theta = 0$$

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 + \left(\frac{\alpha}{\alpha\beta}\right) \frac{V}{A} r - \frac{\theta}{\alpha\beta} = 0$$

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 + \frac{2r}{Rc} \frac{V}{A} - \frac{2gc(-\Delta P)}{\mu\omega \; Rc} = 0$$

$$\alpha' = \frac{2r}{Rc}$$

$$\beta' = \frac{2gc(-\Delta P)}{Rc}$$

La solución para esta ecuación de segundo grado es:

$$\frac{V}{A} = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha + 4\beta\theta}}{2} = \frac{V}{2} = \phi$$

$$A = \frac{V}{\phi}$$

Para nuestras condiciones:

$\omega = 14.7\ lb/ft^3$

$gc = 32.2\ ft\ lb/lb\ seg^2$

$\mu = 1.5\ cp$

$P = 25\ psig\ (-\Delta P) = 25\ psia = 3600\ lb/ft^2$

$t = 10^{\circ}C$

$V = 64.6\ ft^3$

$Rc = 6.5 \times 10^{10}\ (3600)^{0.275} = 6.2 \times 10^{11}\ ft/lb$

$r = 9.6 \times 10^{9}\ (3600)^{0.166} = 3.75 \times 10^{10}$

$$\alpha' = \frac{2 \times 3.75 \times 10^{10}}{14.7 \times 6.2 \times 10^{11}} = 8.2 \times 10^{-3}$$

$\alpha'^2 = 6.7 \times 10^{-5}$

$$\beta' = \frac{8 \times 32.2 \times 3600 \times 10^{7}}{1.5 \times 6.72 \times 14.7 \times 6.2 \times 10^{11}} = 1 \times 10^{-4}$$

La siguiente tabla nos muestra los valores del area de filtración con respecto al tiempo.

Hs	θ seg	$4\beta\theta$	$\sqrt{\ }$	$\frac{V}{V_0}$	ϕ	ft^2 A
0.5	1800	0.1	0.315	0.307	0.153	420
1.0	3600	0.36	0.6	0.582	0.291	220
1.5	5400	0.54	0.735	0.727	0.369	178
2.5	9200	0.72	0.850	0.842	0.421	153
2.5	9000	0.90	0.950	0.942	0.471	137
3.0	10800	0.108	0.04	1.032	0.516	125

Se desea que el tiempo de filtración sea de una hora. En la tabla anterior encontramos que para ese tiempo, se necesita una area de 220 ft^2.

La gráfica #3 (sacada del catálogo de filtro prensa Sperry, para filtros con placas y marcos de madera), nos muestra el número de placas mínimo y su tamaño para una area de filtración conocida. De la gráfica #3 sacamos que para $A = 220\ ft^2$, se requieren 26 placas de 30" x 30" de lado.

El número de marcos y su espesor está basado en las siguientes relaciones:

$$V_t = a \cdot em \cdot n_m \text{ ---------- } (7)$$

$$A_t = 2anp + 2a = 2a(np+1) \text{ ---------- } (8)$$

$$M_m = np+1 \text{ ---------- } (9)$$

Siendo:

V_t = volumen de la torta

A_t = area total

$np \cdot n_m$ = número de placas y marcos

El volumen de la torta (V_t) es igual al peso de los sólidos retenidos (w), entre su densidad aparente ( ).

$w = 430$ Kg. $= 946$ lb

$\rho = 50\ lb/ft^3$

Por lo tanto:

$$V_t = \frac{946}{50} = 19 \text{ ft}^3$$

Dividimos la ecuación (7) entre la ecuación (8) y sustituimos valores de V_t y A_t. Entonces tenemos que:

$$\frac{19}{220} = \frac{a \cdot em \cdot (np+1)}{2a(np-1)}$$

Simplificando y despejando em:

$$em = 2 \text{ in}$$

En resumen, para este filtro se usarán 26 placas, 27 marcos y 2 cabezales de 30" x 30" de lado y 2" de espesor.

Escogido el ciclo de filtración de dos horas, el area del filtro será de 153 ft^2. Usando la gráfica #3, resulta que para esta area se son necesarios 19 placas, 20 marcos y 2 cabezales de 30" x 30" con espesor de masa de 3".

$$L = \frac{19}{153} \text{ ft}^3/\text{ft}^2 = 0.121 \times 12 = 1.48$$

$$e = 2L = 3"$$

4.- BOMBA FILTRO PRENSA

La bomba usada para trasportar el material del precipitador al filtro prensa, será de tipo centrífuga para tubo de 1.5" y acoplada a motor eléctrico.

La ecuación para calcular la potencia de la bomba es:

$$W = \frac{Av^2}{2gc} + \underline{Ap} + AZ + \frac{1}{W} \quad \text{---------(1)}$$

donde:

$\underline{Ap}$ = las pérdidas de energía por presión

$\frac{\Delta v^2}{2gc}$ = energía cinética

ΔZ = energía potencial

$\frac{L}{D}$ = factor de fricción

La bomba inyecta al filtro prensa la solución con un gasto de 10 gal/min a una presión de 25 lb/in^2. La solución tiene una viscosidad aproximada de 1 cp y una gravedad específica de 1.2

La bomba se conecta al filtro por medio de una tubería de hule de 1.5", en las que se encuentran dos válculas de globo.

La velocidad del fluido en la bomba es:

$$V = \frac{Q}{A}$$

donde:

Q = gasto volumétrico gal/min

V = velocidad ft/seg

A = area de flujo del tubo

$$V = \frac{10 \times 144}{2.036 \times 7.48 \times 60} = 1.6 \text{ ft/seg}$$

El número de Reynolds será:

$$NRe = \frac{D.\rho.V}{\mu}$$

$$NRe = \frac{1.5 \times 1.6 \times 1.2 \times 62.3 \times 10^4}{12 \times 1 \times 6.72} = 5.96 \times 10^4$$

En la figura de Brown, considerando una rugosidad relativa de 0.015, se encontró un factor de Fanny igual a 0.046

Las pérdidas de fricción están en función del factor de Fanny, velocidad, longitud y diámetro de la tubería, de acuerdo con la siguiente reacción:

$$L\bar{w} = \frac{FU^2 l}{2gcD}$$

donde:

F = factor de Fanny

V = velocidad del fluido

gc = coeficiente de conversión

D = diámetro del tubo

L = longitud del tubo

La longitud total resulta de la suma de la longitud del tubo:

$$l = 12 + 2(40) = 92 \text{ ft}$$

De aquí, el coeficiente de fricción será:

$$= \frac{0.046 \times 4.5 \times 92 \times 12}{64.4 \times 1.5}$$

Aplicando la ecuación (1), tendremos:

$$\bar{w} = \frac{(1.6)^2}{64.4} + \frac{25 \times 144}{1.2 \times 62.3} + 3 + 9.4$$

$$\bar{w} = 61 \text{ ft lb/lb}$$

La potencia está dada por la siguiente ecuación:

$$P = \bar{W}^{W}$$

donde:

$\bar{W}$ = trabajo

W = gasto en masa

Por lo tanto:

$$P = \frac{61 \times 27.2 \times 62.3 \times 1.2}{7.48} \times \frac{1}{3300}$$

$$P = 0.5 \text{ Hp}$$

El literatura de bombas se aconseja el uso de bomba centrífuga con 1.5" de succión y 11/4 de descarga, acoplada a un motor de 3/4 Hp;

5.- HIDROLIZADOR

La hidrólisis se lleva a cabo en medio alcalino con sosa caústica. El reactor es fabricado con fierro común, provisto de un tubo de vapor para calentamiento y con agitador acoplado a un motoreductor.

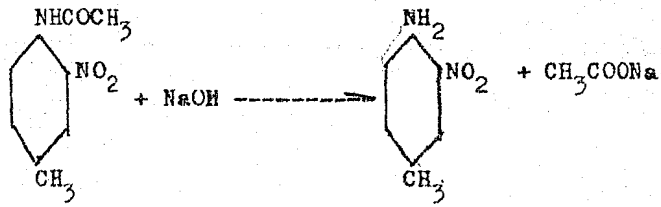
Balance de material.-

ENTRADA:

-------- 430 Kg.

NaOH -------- 178 Kg.

REACCION:



194 60 152 82

Eficiencia de la reacción = 98 %

Se producen:

$$\frac{152}{194} \times 430 \times 0.98 = 330 \text{ Kg. de M-Nitro p-Toluidina}$$

$$\frac{82}{194} \times 430 \times 0.98 = 130 \text{ Kg. de NaOH}$$

Se consumen:

$$430 \times 0.98 = 421 \text{ Kg. de}$$

$$\frac{60}{194} \times 430 \times 0.98 = 130 \text{ Kg. de NaOH}$$

SALIDA:

330 Kg. de

CAPACIDAD:

La carga del reactor es de 430 Kg. de M-Nitro p-Toluidida, 180 Kg. de NaOH y 300 litros de agua, ocupando un volumen aproximado de 3600 litros (960 galones).

Se empleará un tanque de 1500 galones de capacidad, para dar un margen al volumen debido al aumento de éste por el vapor de calentamiento.

Si la relación de altura/ diámetro es de 1.5, se tendrán las siguientes dimensiones, considerando que el tanque es de forma cilíndrica.

$$V = 0.785\ D^2 L \text{ --------- } (10)$$

La relación $\frac{L}{D} = 1.5$

Por lo tanto, sustituyendo en (10):

$$V = 0.785 \times 1.5 \times D^3 \text{ --------- } (11)$$

$$V = 1500 \text{ gal} = 3677.5 \text{ dm}^3 \text{ --------- } (12)$$

Se igualan (11) y (12) despejando el diámetro:

$$56.77 = 0.785 \times 1.5 \times D^3$$

$$D = \frac{5677.5}{1.5 \times 0.785} = 1.8 \text{ mts.}$$

Las dimensiones del hidrolizador serán/

Diámetro = 1.80 mts.

Altura = 2.70 mts.

Espesor de lámina.-

Para la construcción de este tanque se usará lámina de 1/4" de espesor.

Cálculo del agitador.-

El agitador es de tipo turbina con un diámetro de 24". En literatura especializada se encontró que para diámetro de 24" y bueba con ducción de calor, la velocidad del impulsor deberá ser de 90 r.p.m.

Potencia.-

La potencia del agitador viene dada por la siguiente ecuación empírica:

$$Hp = 3.52 \times 10^3 \, Np(Sp\ Gr)\left(\frac{r.p.m.}{60}\right)^3\left(\frac{D}{12}\right)^5 \text{ -------- (1)}$$

El número de fuerza está en función del número de Reynolds modificado.

En la gráfica #3 (sacada del boletín 1018 de Pfaudler Permutit Inc.), se encuentra la relación Np con el número de Reynolds para impulsores de este tipo.

$$NRe = 10.75\ (Sp\ Gr)(r.p.m.)\ D^2$$

Las condiciones de trabajo son:

D = diámetro del impulsor = 24"

V = velocidad del impulsor = 90 r.p.m.

SpGr = gravedad específica = 1.2

μ = viscosidad 80°C = 1.5 cp

NRe = número de Reynolds = 11 100

Np = número de fuerza

Sustituyendo estos valores en la ecuación (1), se obtendrá el valor teórico de la potencia.

$$Hp = 3.52 \times 10^{-3}(5.5)(1.2)\left(\frac{90}{60}\right)^2\left(\frac{24}{12}\right)^5$$

$$Hp = 1.68$$

La potencia real del agitador se obtiene agregando al resultado teórico 10 % ocasionado por las pérdidas en reductor de velocidad, en manejo y 0.5 Hp por fricción. De donde resulta:

$$Hp_r = 1.68 + 0.5 + 0.16 = 2.34$$

$$\boxed{\text{Potencia} = 3 \text{ Hp}}$$

FILTRO PRENSA #2

Para el diseño de este filtro, se siguió el mismo sistema de cálculo que el usado para el primer filtro prensa, empleándose el mismo filtro prensa piloto.

1) <u>Datos directos</u>.-

330 Kg. de M-Nitro p-Toluidida (726 lb)

3400 Kg. de solvente (sosa al 5 %)

$t = 80^{o}C$

2) Datos indirectos.-

Volumen del solvente $= \frac{3400}{1.1} = 3100$ Hs (110 ft^3)

$$\omega = \frac{\text{lb sólido retenido}}{ft^3 \text{ de solvente}} = \frac{726}{110} = 6.6 \text{ lb/ft}^3$$

$A = 8\ ft^2$ (area de filtración prensa piloto)

3) Ecuación para filtración.-

$$\theta = \frac{\mu}{Agc(-\Delta P)} \left[\frac{\omega\ Rc}{2A}(V)^2 + Vr\right] \text{---------} (1)$$

$$\theta = \alpha\left[\beta V^2 + Vr\right]$$

donde:

$$\alpha = \frac{\mu}{Agc(-\Delta P)}$$

$$\beta = \frac{\omega\ Rc}{2A}$$

Derivando la ecuación (1) respecto al volumen y a presión constante, tenemos que:

$$\frac{d\theta}{dV} 2\alpha\beta V + \alpha r \text{ ---------} (2)$$

Esta ecuación nos representa una recta de forma $y = mx + b$

donde:

$$m = 2\alpha\beta \text{ --------} (3)$$

$$b = \alpha r \text{ --------} (4)$$

Despejando los valores de Rc y r de las ecuaciones (3) y (4) respectivamente, tenemos:

$$Rc = \frac{mA}{\alpha} \text{ --------} (3')$$

$$r = \frac{b}{\kappa} \text{ ---------- } (4')$$

1a) Prueba con presión constante de 20 psig (Tabla #4)

$-\Delta P = 20$ psia $= 2880$ lb/ft^2

$V = 2$ lts

$b = 1.14$ Estos valores están sacados de la

$m = \frac{5.64 - 1.14}{15} = 0.3$ recta (A), gráfica #2.

$\kappa = 9 \times 10^{-10}$

$$Rc = \frac{0.3 \times 8 \times 800}{6.6 \times 9 \times 10^{-10}} = 3.25 \times 10^{11}$$

$$r = \frac{1.14 \times 28.3}{9 \times 10^{-10}} = 3.55 \times 10^{10}$$

Los valores de $\Delta\theta/\Delta V$ como ordenada y $\bar{V}$ como absisa, están representados en la gráfica #2.

2a) Prueba con presión constante de 30 psig (Tabla #5)

$-\Delta P = 4320$ lb/ft^2

$\kappa = 6 \times 10^{-10}$

$b = 0.8$ Estos valores están sacados de la

$m = \frac{4 - 0.8}{15} = 0.214$ recta (B), gráfica #2.

$$Rc = \frac{8 \times 0.214\ (28.3)^2}{6 \times 10^{-10}} = 3.75 \times 10^{10}$$

3a) Prueba con presión constante de 40 psig (Tabla #6)

$-\Delta P = 5780$

$K = 4.52 \times 10^{-10}$

$b = 0.52$ Estos valores están sacados de la recta (C),

$m = 0.168$ gráfica #2.

$$Rc = \frac{8 \times 0.204 \times 800}{6.6 \times 4.52 \times 10^{-10}} = 3.6 \times 10^{11}$$

$$r = \frac{0.62 \times 28.3}{4.52 \times 10^{-10}} = 3.9 \times 10^{10}$$

V	θ	$\Delta\theta$	$\Delta\theta/\Delta V$	$\bar{V}$
0		2.9	1.45	0
2	2.9	4.2	2.10	1
4	7.1	5.3	2.64	3
6	12.4	6.5	3.25	5
8	19.3	7.7	3.85	7
10	27.0			9
12	35.9	8.9	4.45	11
14	45.9	10	5	13
16	57.18	11.28	5.64	15
18	69.68	12.50	6.25	17
20				19

Tabla # 4

V	θ	$\Delta\theta$	$\Delta\theta/\Delta V$	$\bar{V}$
0			0	0
2	2	2	1	1
4	4.9	2.9	1.45	3
6	8.5	3.7	1.85	5
8	13.2	4.6	2.30	7
10	18.6	5.4	2.7	9
12	24.9	6.3	3.15	11
14	32.1	7.2	3.6	13
16	40.1	8.0	4.0	15
18	49.0	8.9	4.45	17
20	58.8	9.8	4.9	19

Tabla # 5

V	θ	$\Delta\theta$	$\Delta\theta/\Delta V$	$\bar{V}$
0		1.5	0.75	0
2	1.5	2.3	1.15	1
4	3.8		1.45	3
6	6.7	2.9	1.8	5
8	10.3	3.6		7
10	14.6	4.3	2.15	9
12	19.5	4.9	2.45	11
14	25.1	5.6	2.8	13
16	31.4	6.3	3.15	15
18	38.3	6.9	3.45	17
20	45.9	7.6	3.80	19

Tabla # 6

El valor de la constante Rc está dado por la siguiente ecuación empírica:

$$Rc = C(\Delta P)^S \text{ -------- } (5)$$

Donde C y S son constantes empíricas determinadas prácticamente. Conociendo tres valores de Rc a diferentes caidas de presión y graficando estos valores en una escala log-log, la pendiente de esa recta nos dará el valor de S. Conociendo S, de la ecuación (5) se saca el valor de C.

De la misma manera, la constante r está dada por una ecuación em-

pírica similar a la ecuación (5), que es:

$$r = C'(\Delta P)^{S} \text{ -------- } (6)$$

Siendo C' y S' constantes empíricas determinadas prácticamente . Conociendo tres valores de r a diferentes caidas de presión y graficándolas en una escala log-log, se obtiene el valor de la pendiente S'. Conociendo el valor de S',para una caida de presión determinada y aplicando la ecuación (6), se saca el valor de C'.

Rc	r	P
3.23×10^{11}	3.55×10^{10}	2880
3.45×10^{10}	3.75×10^{10}	4320
3.6×10^{11}	3.9×10^{10}	5780

$S = 0.19$

$S' = 0.15$

$$\boxed{Rc = 7.1 \times 10^{10}(-\Delta P)^{0.19}}$$

La ecuación general para r es:

$$\boxed{r = 1.06 \times 10^{10}(-\Delta P)^{0.15}}$$

Diseño del filtro.-

$t = 80^{o}C$

$P = 25$ psia

$(-\Delta P) = 3600$ lb/in^2

$$\frac{V}{A} = \frac{-\alpha + \sqrt{\alpha^2 + 4}}{2} = \phi$$

$$\frac{V}{A} = \frac{\frac{-2r}{Rc} + \sqrt{\left(\frac{2r}{Rc}\right)^2 + \frac{8gc(\Delta P)}{Rc}}}{2}$$

donde:

$$\alpha = \frac{-2r}{\omega\, Rc} = \frac{2 \times 3.6 \times 10^{10}}{6.6 \times 3.36 \times 10^{11}} = 0.0325$$

$$\alpha^2 = \frac{(2r)^2}{\omega\, Rc}$$

$$\beta = \frac{8gc(\Delta P)}{\mu\omega\, Rc} = \frac{8 \times 32.2 \times 3600}{6.72 \times 10^{-4} \times 3.56 \times 10^{11}} = 6.18 \times 10^{-4}$$

Para nuestras condiciones:

$V = 110\ ft^3$

$\omega = 6.6\ lb/ft^3$

$\mu = 19$

$gc = 32.2\ lb\ ft/lb\ seg^2$

$Rc = 7.1 \times 10^{10}(3600)^{0.19} = 3.6 \times 10^{11}\ ft/lb$

$r = 1.06 \times 10^{10}(3600)^{0.15} = 3.6 \times 10^{10}\ 1/ft$

En la siguiente tabal están representados los valores del area de filtración con respecto al tiempo

Hs	θ seg	βθ	√	φ	A
1/2	1800	1.05	1.02	0.51	216
1	3600	2.22	1.49	0.745	148
1 1/2	5400	3.33	1.82	0.91	121
2	7200	4.44	2.12	1.06	104
2 1/2	9000	5.55	2.35	1.18	94

De la tabla anterior, para un ciclo de filtración de 1/2 hora se requiere una area de 216 ft.

$$\rho \text{ torta} = 40 \text{ lb/ft}^3$$

$$V = \frac{330 \times 2.2}{40} = 18.2$$

$$e = \frac{2V}{A} \times 12 = \frac{2 \times 18.2 \times 12}{216} = 2''$$

De la gráfica #3 (para filtros prensa de marcos y placas de madera), obtenemos que para esta area son necesarios 26 marcos, 25 placas y 2 cabezales de 30" x 30" y 2" de espesor.

BOMBA FILTRO PRENSA

La bomba usada para llevar el producto final del hidrolizador al filtro prensa, será de fierro común, de tipo de centrífuga acoplada a un motor eléctrico.

La potencia de la bomba se obtiene mediante la siguiente ecuación

$$\overline{W} = \frac{\Delta V^2}{2gc} + \frac{\Delta P}{\rho} + \Delta Z + \Sigma \quad \text{--------(1)} \; .$$

donde:

$\Delta P/\rho$ = pérdidas por presión

$\frac{\Delta V^2}{2gc}$ = energía cinética

ΔZ = energía potencial

Σ = pérdidas por fricción en la tubería

La bomba inyecta al filtro prensa con un gasto de 26.5 y una presión de 251 lb/in^2, la suspensión. La suspensión tiene una viscosidad aproximada de 4 cp y una gravedad específica de 1.40.

La bomba conecta al filtro prensa por medio de una manguera flexible de 1.5" con longitud de 15 ft, provista de dos válvulas de globo.

La velocidad del fluido viene dada por la ecuación:

$$V = \frac{Q}{A}$$

donde:

Q = gasto en volumen

A = area del flujo = 2.036 in^2

V = velocidad = 4.2 ft/seg

Por lo tanto:

$$V = \frac{26.5 \times 144}{7.48 \times 60 \times 2.036} = 4.2 \text{ ft/seg}$$

El número de Reynolds será:

$$NRe = \frac{1.5 \times 4.2 \times 1.4 \times 62.3 \times 10^4}{12 \times 4 \times 6.72} = 1.71 \times 10^4$$

En la figura 125 del Brown, considerando una rugosidad relativa de 0.15, se encontró un factor de Fanny de 0.046.

Las pérdidas por fricción están dadas de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$\bar{F} = \frac{FU^2L}{2gcD}$$

L_m longitud total resultante de la longitud real de tubo y la longitud de tubo equivalente al frotamiento de codos y válvulas será:

$$L = 15 \times 3(40) = 135 \text{ ft}$$

$$\bar{F} = \frac{0.047 \times 4.2 \times 135 \times 12}{64.4 \times 1.5} = 14$$

Aplicando la ecuación (1), se tendrá el valor del trabajo:

$$W = \frac{4.2}{64.4} + \frac{2 \times 144}{1.4 \times 62.3} + 60 + 14 = 61.6 \text{ ft lb/lb}$$

La potencia está dada por la siguiente ecuación:

$$\dot{P} = W^{\dot{w}}$$

donde:

w = gasto en masa

W = trabajo

$$P = \frac{61.6 \times 26.5 \times 62.3 \times 1.4}{7.48} \times \frac{1}{33\ 000} = 0.6$$

$$P = 3/4 \text{ Hp}$$

COMPRESORA

El uso de la compresora persigue dos fines importantes, el primero, usar la presión del aire para trasportar por medio de tubería ł las suspensiones de un reactor a otro; la segunda, escurrir las tortas de los filtros prensa para quitarles la mayor cantidad de agua posible.

Se dispone de una compresora Atlas copco, con una capacidad para comprimir 100 ft^3 de aire por minuto de la presión atmosférica (10.3 psia) a la presión de 60 psig (70.3 psia).

La relación de comprimir es:

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{70.3}{10.3} = 2.56$$

La compresora es de dos pasos.

La potencia teórica del compresor está dada por la siguiente ecuación:

$$\zeta = 2\,\frac{n}{n-1}\,PoVo\left[\left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right]$$

Siendo:

ζ = potencia en caballos métricos

Po = 10.3 psia (0.7 mts.)

P_1 = 70.3 psia

n = 1.35 para el aire

V = 100 ft^3 = 2839 Hs

$$\tau = \frac{2 \times 1.35}{0.35} \times 0.7 \times 2830 \times \left(\frac{70.3}{10.3}\right)^{0.26} - 1 \times \frac{10.34}{60 \times 75}$$

$$\tau = 22.5$$

Suponiendo una eficiencia de 80 %, la potencia real será:

$$P = \frac{\tau}{0.8} = 28 - 30 \text{ Hp}$$

IV.- ESTUDIO ECONOMICO

ESTUDIO ECONOMICO

1) ACTIVO FIJO

A) Terreno (200 m^2 a $50.00/$m^2$)	$ 10 000.00
B) Edificio (300 m^2 en tres pisos, techo de asbesto cemento y sobre armadura de fierro	100 000.00
C) Maquinaria y equipo (puesto en planta)	
a) Acetilador 800 Hs de acero inoxidable #316, con agitador	65 000.00
b) Condensador de acero inoxidable	16 000.00
c) Nitrador 2000 Hs de acero inoxidable #316. con agitador	75 000.00
d) Precipitador, tanque cilíndrico de acero inoxidable #316, con agitador	30 000.00
e) Tanque hidrolizador de fierro de 6000 Hs con agitador.	20 000.00
f) Bomba centrífuga de 1 1/4" de descarga en acero inoxidable con motor de 3/4 Hp	8 500.00
g) Bomba centrífugade 1 1/4" de descarga en fierro con motor de 3/4 Hp.	.4 000.00
h) Dos filtros prensa con placas y marcos de madera y cabezales de fierro	80 000.00
i) Compresora de 30 Hp	20 000.00

j) Tanque de almacenamiento de aluminio para ácido acético de 8000 litros.	12 000.00
k) Tanque de almacenamiento de fierro para sosa de 8000 litros.	8 000.00
	338 500.00
D) Costo de instalción (25 % costo del equipo)	66 500.00
E) Intalaciones	
a) Agua y tubería de fierro (intalación)	10 000.00
b) Conexiones y válvulas de acero inoxidable para los reactores.	15 000.00
c) Instalación eléctrica	20 000.00
F) Diversos	45 000.00
a) Herramientas	10 000.00
b) Dos básculas de 500Kg. a $1 000.00, c/u	2 000.00
c) Aparatos y material de laboratorio	9 000.00
d) Almacén de refacciones, lubricantes, bandas, etc.	5 000.00
	26 000.00
G) Gastos generales de organización del negocio Escrituras, planos, aperturas, registros, depósitos (teléfono, fuerza eléctrica) 5 % de la inversión total	50 000.00

Suma total de inversiones:

A	10 000.00
B	100 000.00
C	338 500.00
D	66 500.00
E	45 000.00
F	26 000.00
G	50 000.00
	636 000.00

II) CAPITAL DE TRABAJO

a) Materia prima (para tres meses)

p-Toluidina 21.9 ton/$12 500.00	274 000.00
Ácido acético 6.2 ton/mes a $5650.00/ton	35 000.00
Ácido nítrico 34 ton/mes a $2800/ton	95 000.00
Sosa 50 % 7.7 ton/mes a $870.00/ton	6 700.00
M-Nitro p-Toluidina 2 ton/semana a $30 242	60 484.00
gastos (una semana)	3 000.00
	474 184.00

III) COSTO DE PRODUCCION (Una tonelada)

a) Materia prima

p-Toluidina 0.91 ton a $12 500.00	11 400.00
ácido acético 0.765 a $5650.00	4 320.00
ácido nítrico 4.275 ton a $2800.00	11 950.00

sosa 50 % 0.970 ton a $870.00	842.00
	28 512.00
Se producen 270 Kg. de ácido acético 65% a $3.80/Kg.	- 1 038.00
	27 474.00
b) mano de obra	550.00
c) Supervisión	188.00
d) Mantenimiento	190.00
e) Materiales para mantenimiento	28.50
f) Servicio	
vapor	25.00
electricidad	50.00
agua enfriamiento	27.00
	102.00
Costo directo	28 532.00
Prestaciones (20% mano de obra)	110.00
Laboratorio	82.50
Gastos generales de la planta	385.00
Costo indirecto	577.50
Depreciación 20%	1 200.00
Costo financiamiento	463.50

Seguro (1% capital fijo)	60.90
	1 724.40
Costo de manufactura	30 833.90

IV) COSTO DE FINANCIAMIENTO

Inversión total = cap. fijo + cap. trabajo =	
acciones (68%) + deuda (33%)	
Financiamiento	370 801.50
Costo anual del financiamiento 12%	44 496.20
Costo por tonelada	463.50

V) COSTO POR PERDIDAS Y GANANCIAS

Ventas netas anuales 96 x 35 000.00	3 360 000.00
Costo de manufacturas 96 x 30 833.90	2 960 054.40
Gastos generales	222 000.00
	3 182 054.40
Utilidad antes de impuestos	167 945.60
Menos 18% de impuestos	30 230.20
	137 715.40

Rentabilidad de la inversión:

$$\frac{\text{Utilidad neta después de impuestos}}{\text{acciones}} = \frac{137\ 715.40 \times 100}{739\ 382.50} =$$

$$= 18.6\ \%$$

V.- CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

1.- La localización de una planta de este tipo sería junto a una de pigmentos.

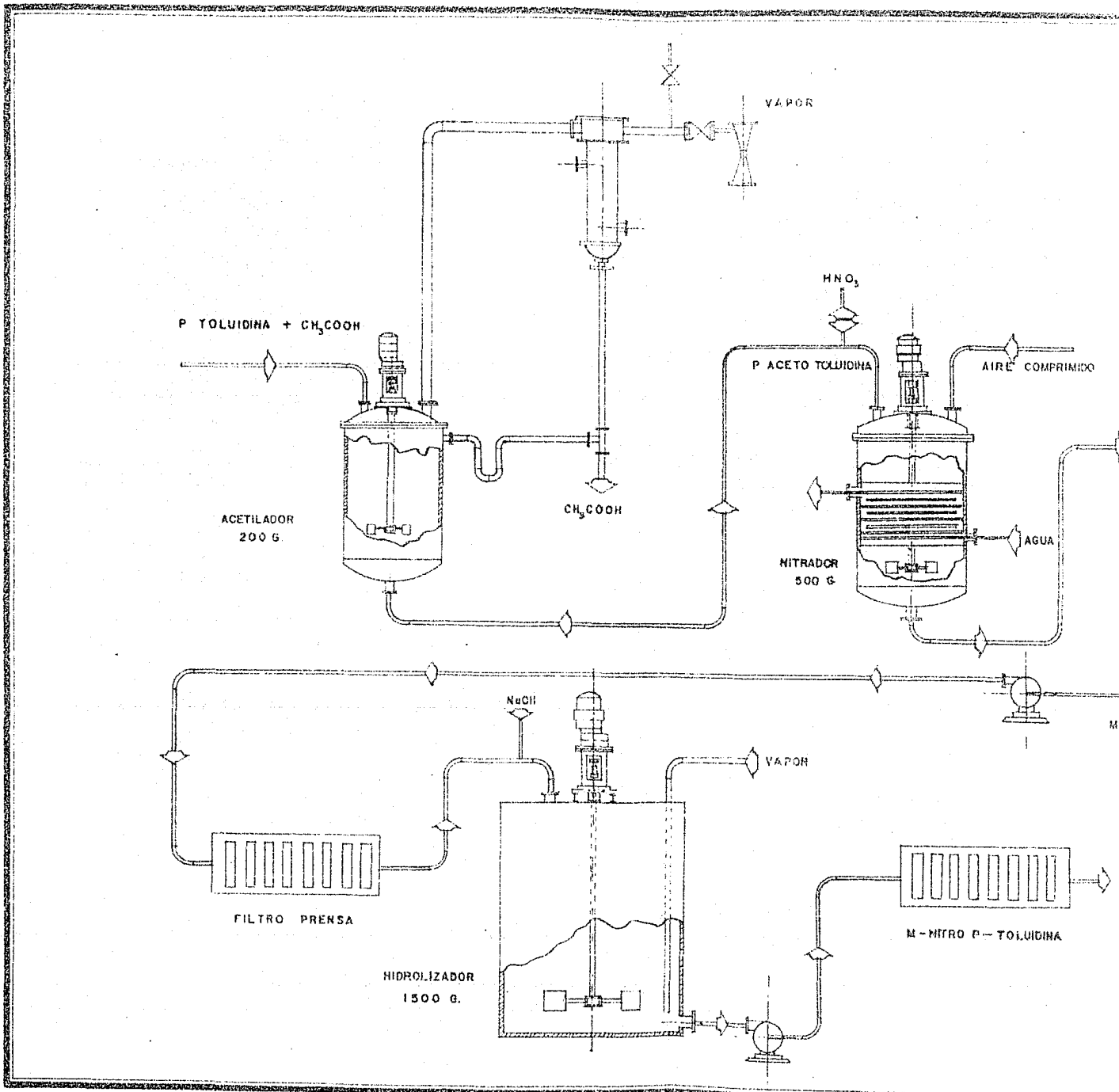
2.- Fabricándose el intermediário, se obtendría disminución en el costo del pigmento y un mejor control de calidad en el mismo.

3.- El equipo empleado tiene la ventaja de que puede usarse en la fabricación de otros productos similares.

4.- La fabeicación de los productos intermedios, constituye un paso más en la industrialización del País, ya que ésta solo puede - llevarse a cabo elaborando todas y cada una de las materias primas que se requiera, siendo además una fuente de trabajo.

5.- Esta planta tiene la capacidad de 96 toneladas anuales. La inversión total es de $1 110 104.00 y una rentabilidad de 19%, - lo que hace suponer que el provenir económico de la inversión - sea prometedor y no arriesgado.

VI.- APENDICE


VAPOR
P TOLUIDINA + CH_3COOH
ACETILADOR
200 G.
CH_3COOH
HNO_3
P ACETO TOLUIDINA
AIRE COMPRIMIDO
AGUA
NITRADOR
500 G.
NaOH
VAPOR
FILTRO PRENSA
HIDROLIZADOR
1500 G.
M-NITRO P-TOLUIDINA

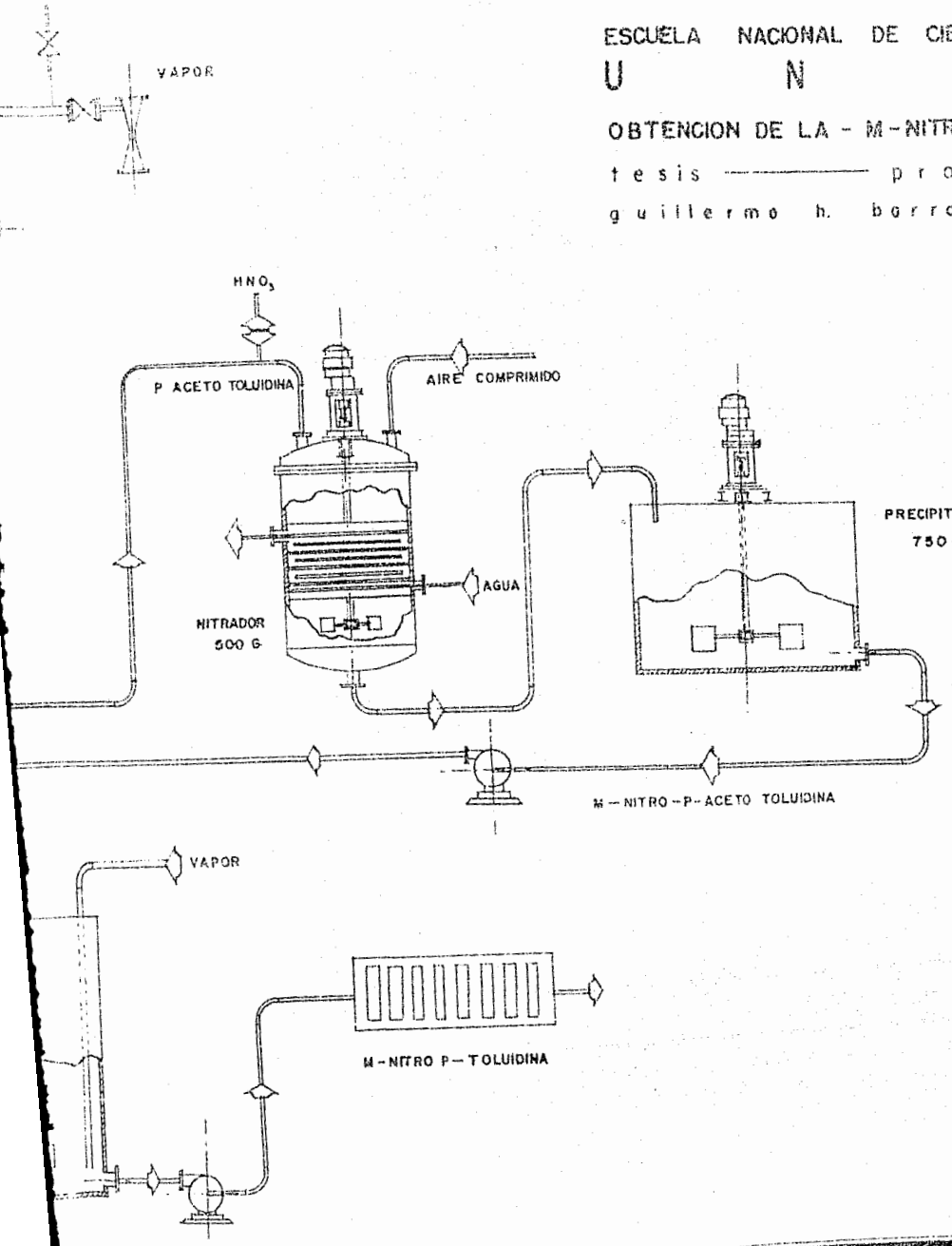
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

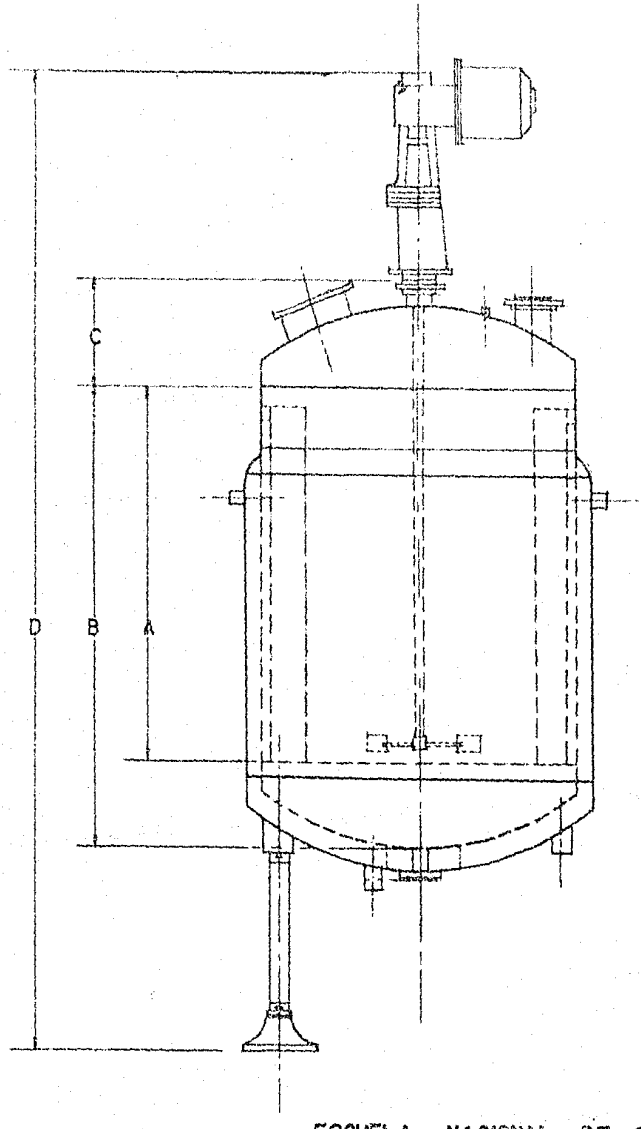
U N A M

OBTENCION DE LA - M-NITRO P-TOLUIDINA

tesis ——— profesional

guillermo h. borroso anaya





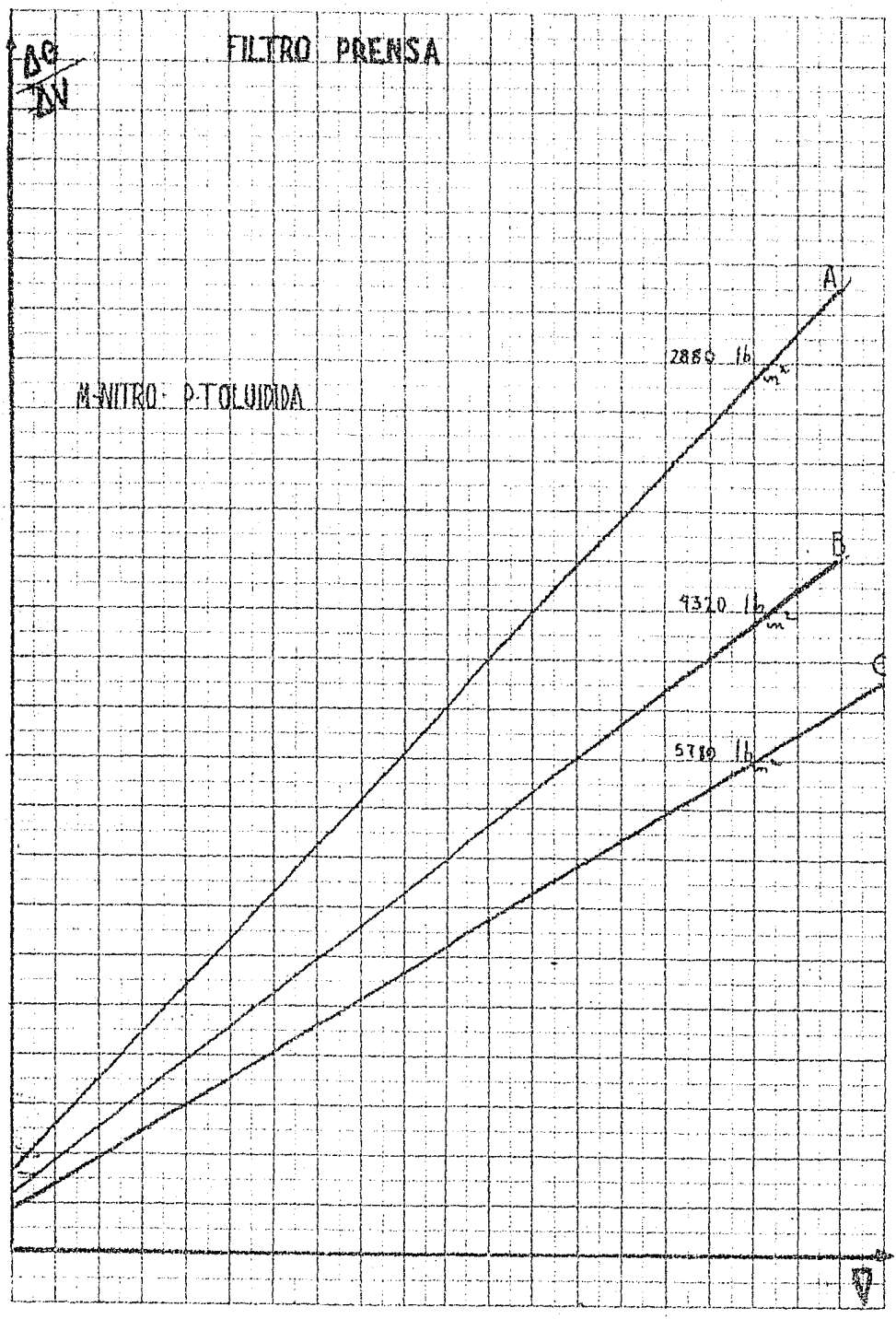
ESCUELA NACIONAL DE CIENCIAS QUIMICAS

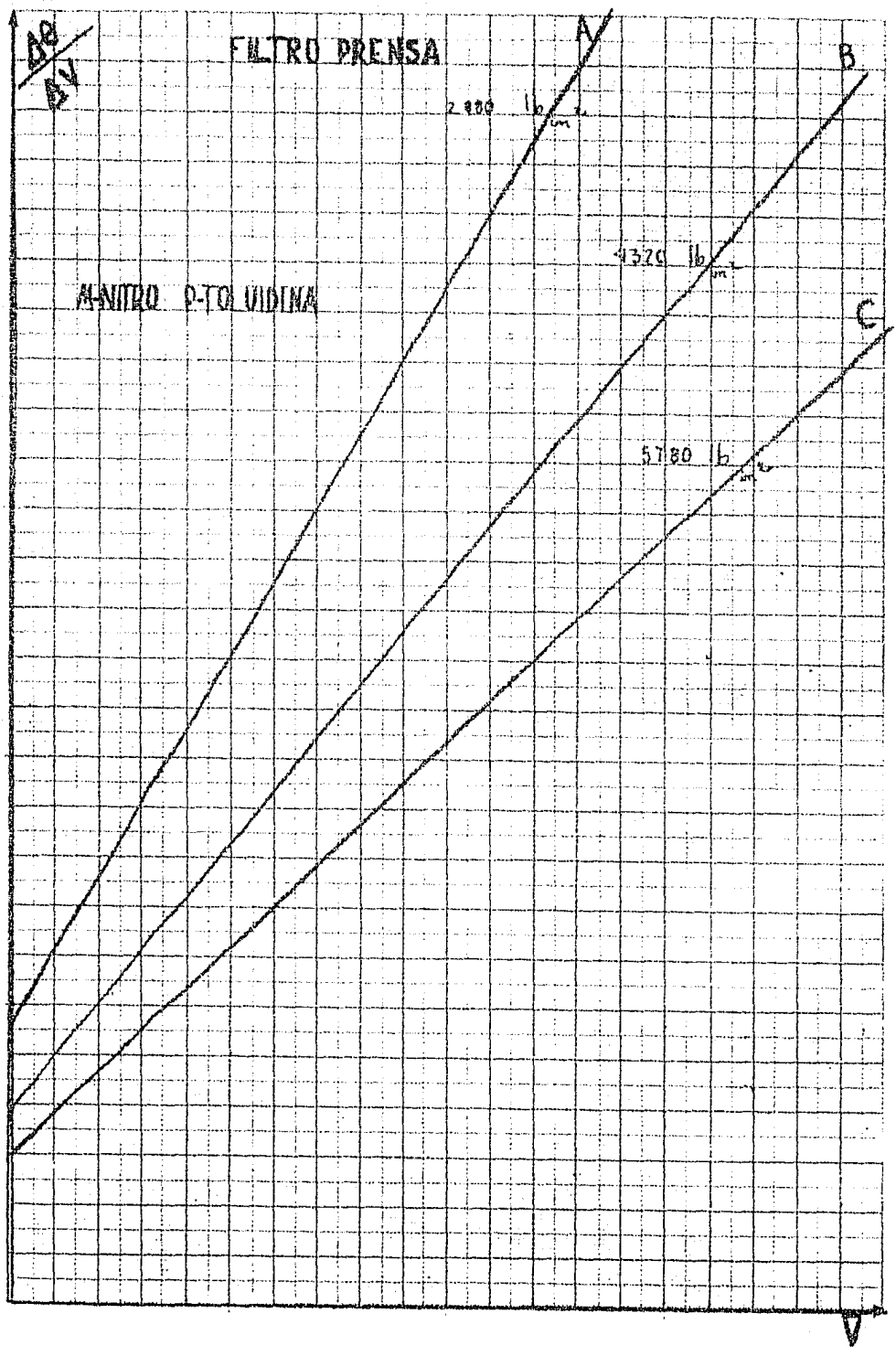
U N A M

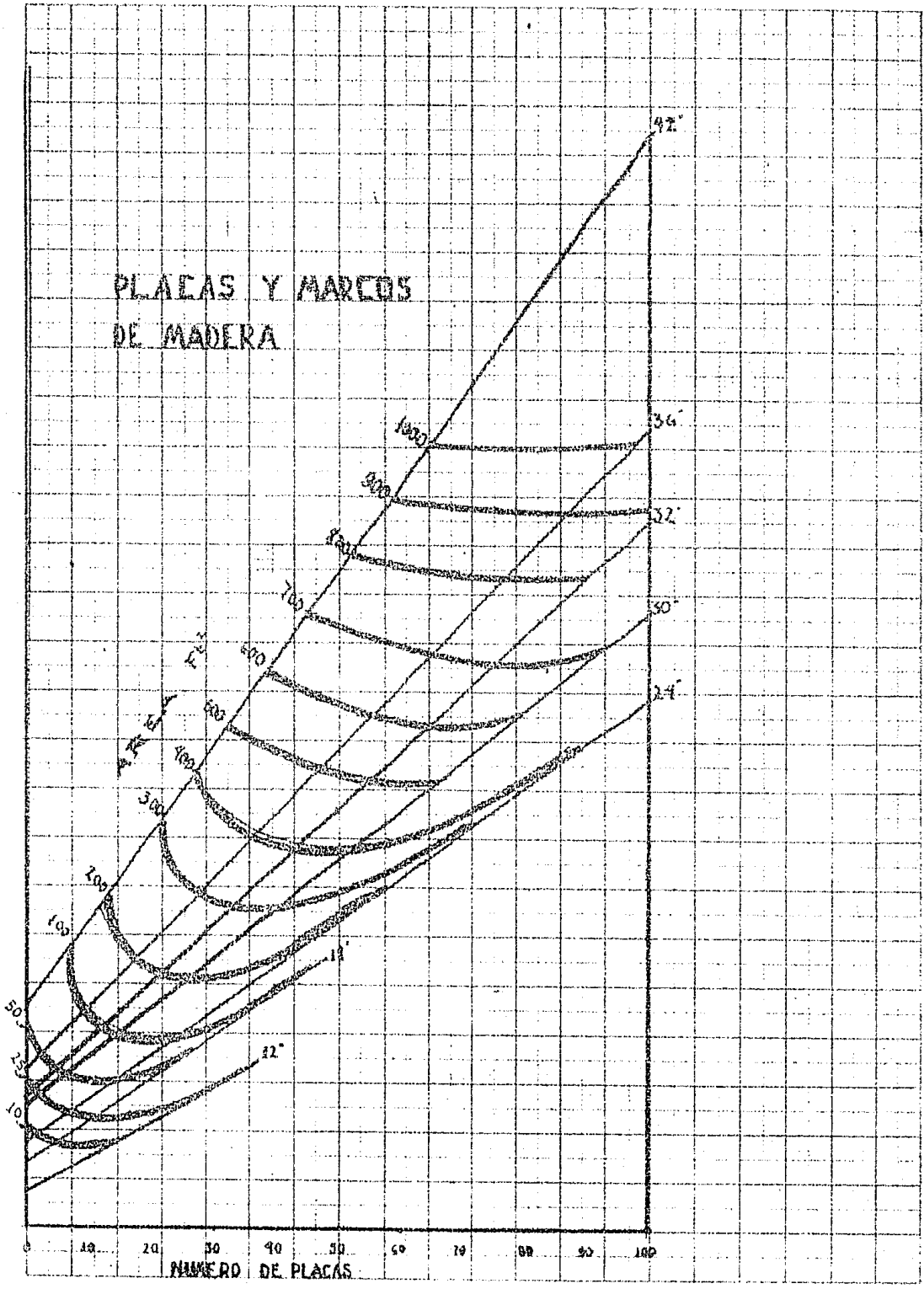
OBTENCION DE LA - M - NITRO P - TOLUIDINA

tesis ———— profesional

guillermo h. barroso anaya


FILTRO PRENSA
ΔG/ΔN
M-NITRO P-TOLUIDIDA
A
2880 lb/m²
B
9320 lb/m²
C
5710 lb/m²


FILTRO PRENSA
Δθ/ΔV
A
B
C
2 880 lb/in²
4320 lb/in²
5780 lb/in²
M-NITRO P-TOLUIDINA
V


PLACAS Y MARCOS
DE MADERA
42"
36"
32"
30"
24"
19"
12"
1000
900
800
700
600
500
400
300
200
100
50
25
10
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
NUMERO DE PLACAS

VII.- BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

1.- A MANUAL OF ENGINEERING DRAWING

Tomás E. French. Charles J. Vierck.

2.- CHEMICAL ENGINEERING

J.M. Coulson and J.F. Richardson.

Perganon Press 1960

3.- CHEMICAL ENGINEERING COST ESTIMATION

Robert S. Aries. Robert D. Newton

4.- CHEMICAL ENGINEERS HANDBOOK

John H. Perry

5.- CHEMICAL PROCESS PRINCIPLES

Olaf A. Hougen. Keneth M. Watson. Roland A. Ragutz

6.- FUNDAMENTAL PROCESSES OF DYE CHEMISTRY

Fierz Davis

7.- PROCESS HEAT TRANSFER

Donald Q. Kern

Mc. Graw. Gill Book Company, Inc. 1950

8.- PROCESOS INDUSTRIALES DE SINTESIS ORGANICA

P.H. Groggins

9.- PROYECT ENGINEERING OF PROCESS PLANTS

Race and Barrow

John Wiley and Sons. Inc. 1957

10.- THE CHEMISTRY OF SINTHETIC DYES AND PIGMENTS

H.A. Lubs

Insurgentes Sur No. 42
Offset Beltrán
México (4) D.F.
Teléfono 35-40-15