

BIBLIOTECA FAC. DE QUIMICA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA

**ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PRODUCTORA
DE NITROCELULOSA**

TESIS QUE PRESENTA:

FRANCISCO AGUSTIN PUENTE SANTAMARINA

PARA OPTAR POR EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

1967



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central

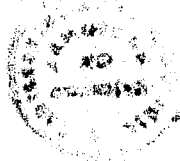


UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

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.



Presidente Ing. Jorge Robles G.

Vocal Ing. Armando Patiño

Secretario Ing. José Luis Costero.

1er. Suplente Ing. Germán Gleason

2o. Suplente Ing. Alberto Obregón

Ing. Armando Patiño

Francisco Puente Santamarina

RESUMEN

Se planea la instalación de una planta productora de Nitrato de Celulosa a partir de Celulosa de Borra tratada con una mezcla de Acido Nítrico y Sulfúrico.

La venta esperada el primer año es de 1,860 toneladas, siendo la capacidad instalada de 3,714 toneladas de Nitrocelulosa húmeda por año.

La inversión fija inicial será de 21.8 millones de pesos, teniendo un capital de trabajo de 2 millones de pesos el primer año.

El capital social será aportado en dos terceras partes por acciones al público, aportando la otra tercera parte un préstamo bancario.

La rentabilidad obtenida a nivel normal de operación (90%), es de 9.5%.

I. INTRODUCCION.

La Nitrocelulosa, además de tener la importancia natural de un producto de sus numerosas aplicaciones, tiene una gran importancia histórica por haber estado durante muchos años a la vanguardia de los plásticos, las fibras y las resinas sintéticas. Por lo tanto se dará un breve repaso a su trayectoria histórica.

El Nitrato de Celulosa, comercialmente llamado Nitrocelulosa, fue descubierto por Braconnot en Francia, en el año de 1832. Los años siguientes a su descubrimiento sirvieron para adquirir mejores técnicas para su producción y encontrarle nuevas aplicaciones. La primera modificación que se hace para su obtención es la que en 1846 hace C.F. Schönbein catalizando la nitratación de la celulosa con ácido sulfúrico. Después de éste adelanto en la técnica, Faraday y Poggendorf hicieron pruebas con Nitrato de Celulosa transparente y encontraron que podía ser usado como sustituto de cristales para ventana, sin embargo, dicho descubrimiento no llegó a industrializarse. En 1861 dos diferentes investigadores obtuvieron Colodión, mezclando Nitrocelulosa con eter y alcohol, uno de los descubridores fue Rusell y el otro Hyatt; éste fue un descubrimiento importante, ya que el colodión llegó a ocupar un lugar destacado en la medicina de la época. En la misma década Parkes plastifica Nitrocelulosa con una solución de alcanfor, después de numerosos intentos, pero muere dejando inconclusa su investigación. En 1866 Abel logró dar a la Nitrocelulosa mayor estabilidad, lo que la hizo disponible para el comercio y la producción en serie por ser posible su almacenamiento. En 1869 John Wesley Hyatt encuentra finalmente un material sintético de gran dureza y brillo, patentando así, por primera vez el

Celuloide; durante esa época hubo gran escasez de marfil y los fabricantes de bolas de billar ofrecieron una recompensa a aquel que les proporcionara un material similar a éste, ganando Hyatt la recompensa.

Mientras tanto en Inglaterra se empieza la producción en serie de plásticos de la Nitrocelulosa en el año de 1877, basada en la técnica usada por Parkes; dicha producción era principalmente destinada a la fabricación de peines, marcos de anteojos, mangos de espejos, cepillos y otros objetos similares, es en ésta Compañía en donde Spill consigue dar al Celuloide la apariencia de carey, hecho que hace más populares los plásticos de la Nitrocelulosa.

Posterior a su aplicación como plástico, es el empleo de la Nitrocelulosa en la fabricación de fibras sintéticas; no es sino hasta 1884 en que Char-donet patenta una fibra textil, con el nombre de Rayón. Esta fibra tenía poca duración y se quemaba muy fácilmente, ya que después de que era producida no se le daba ningún tratamiento para eliminar productos tales como Nitratos, los que le daban inestabilidad.

La producción en gran escala de Nitrocelulosa viene con la Primera Guerra Mundial, por haberse usado durante ésta las propiedades explosivas de la Nitrocelulosa en la fabricación de pólvoras y dinamitas. De ahí siguió la producción de películas para el cinematógrafo y posteriormente la fabricación de lacas para usos múltiples.

A través de los años se han encontrado nuevas aplicaciones para la Nitrocelulosa, lo mismo que sustitutos de ésta, los que tienen una menor facilidad de ignición. Una de las más recientes aplicaciones de éste material ha sido su empleo como combustible espacial, ensayo que fracasó ya que una vez

iniciada la reacción de descomposición, resultaba imposible de controlar.

Recientemente, otros esteres de la Celulosa, tales como el Acetado de Celulosa, han venido sustituyendo a la Nitrocelulosa en algunas aplicaciones, por tener propiedades parecidas, sin su facilidad de encenderse. Sin embargo, en muchos campos la Nitrocelulosa no ha podido ser sustituida, por no alcanzar otros materiales sus características, tales como el brillo, flexibilidad, fuerza explosiva e impermeabilidad del Nitrato de Celulosa.

El interés especial en éste tema de un estudio general de la Nitrocelulosa, tanto en su aspecto técnico como en el económico, está basado en que es un producto cuyo consumo nacional sobrepasa los diez millones de pesos al año y sigue creciendo lenta pero constantemente año con año. El interés en el aspecto técnico está basado en las frecuentes modificaciones que éste proceso ha sufrido y en las propiedades de éste producto, que por haber sido descubier to muchos años atrás es ampliamente conocido igualmente que sus numerosas aplicaciones.

La Nitrocelulosa es un producto de cierta importancia comercial, ya que es empleado en numerosas industrias, las que a su vez van creciendo día a día, ampliándose así su consumo.

A grandes razgos éste anteproyecto trata de plantear la situación actual de la Nitrocelulosa en el mercado mexicano, enfocándola hacía un futuro próximo. Trata también de su proceso de obtención, de cada una de las etapas de éste, su función e importancia, lo mismo que del cálculo y selección del equipo empleado. Y, de un estudio financiero, proyectando hacía el futuro la situación económica de la planta productora de Nitrato de Celulosa, que sirve como tema de éste trabajo.

II. INVESTIGACION DE MERCADO.

Consumo de la Nitrocelulosa. -

Este consumo se determinará por un análisis de las importaciones de este producto, ya que no es producido en México para fines comerciales. Dentro de este análisis incluiremos sólo aquellas fracciones arancelarias por las que pasa la nitrocelulosa pura ya sea en forma de bloques o de fibras, pero sin incluir productos derivados de la nitrocelulosa, que falsearían este análisis.

La nitrocelulosa como se sabe, está clasificada en dos tipos principales, el primero es la nitrocelulosa soluble, o sea nitrocelulosa con bajo contenido de nitrógeno, mientras que el segundo tipo de nitrocelulosa es aquella de alto contenido de nitrógeno que se utiliza en la fabricación de dinamitas y pólvoras. Esta separación desgraciadamente no se pudo hacer, por pasar ambos tipos de nitrocelulosa por una misma fracción arancelaria.

TABLA DE IMPORTACIONES DE NITROCELULOSA *

AÑO	KILOS BRUTOS	IMPORTE
1957	1,087,942	8,402,094
1958	1,155,015	8,906,383
1959	1,315,976	10,286,384
1960	1,531,241	10,777,275
1961	1,535,507	10,972,369
1962	1,897,558	11,784,404
1963	1,586,102	10,168,669
1964	1,868,149	11,702,890
1965	1,894,206	12,805,556

* (1)

NOTA: Los datos de la tabla anterior fueron obtenidos de las siguientes fracciones arancelarias: 560.01.02: Nitrocelulosa, Piroxilina o algodón pólvora al estado filiforme. Para los años de 1957 a 1964 inclusive. 29.03.B.009, 39.03.A.001, 39.03.B.013 y 39.03.B.001 que son: Nitrocelulosa en bloques o en el estado filiforme y colodión. Para el año de 1965.

El que se usen distintas fracciones para 1965 que para el resto de los años es debido a un cambio de clasificación arancelaria entre los años de 1964 y 1965.

Consumidores*.-

La nitrocelulosa es un producto que tiene un gran número de aplicaciones, entre las que se cuentan principalmente:

1. Fabricación de Lacas, las que se emplean principalmente en recubrimiento de Madera, Textiles, Papel, Celofán y Automóviles.
2. Fabricación de Explosivos, tales como la dinamita.
3. Adhesivos.
4. Para la fabricación de artículos de plástico tales como marcos de anteojos, teclas de piano, plumas fuente y pelotas de Ping Pong.
5. Se utiliza en la fabricación de vendajes y como primeros auxilios para tamponar la salida de la sangre, usando en estas aplicaciones el nombre de colodión.
6. Como vehículo para tintas de rotograbado.
7. Para la fabricación de pólvora sin humo.

Estos son algunos de los usos actuales de la Nitrocelulosa aunque a través del tiempo ha tenido una gran cantidad de aplicaciones las que han sido desplazadas, por materiales con las mismas propiedades pero sin su facilidad de ignición. Entre estas antiguas aplicaciones caídas ya en desuso podemos contar al celuloide para películas. Al cuero artificial y a la fabricación del Rayón, los que han sido reemplazados por el acetato de celulosa y el cloruro de polivinilo.

En algunos campos como se ve se ha logrado sustituir a la nitrocelulosa por productos de fácil manipulación y que encierran poco riesgo, pero en otros las propiedades de la nitrocelulosa no se han llegado a igualar y es por esto y por las nuevas aplicaciones que cada día se encuentran para este producto que su mercado va creciendo aunque muy lentamente.

Los consumidores de nitrocelulosa con el porcentaje del mercado nacional que cubren vienen dados en la tabla a continuación.

Consumidores de Nitrocelulosa y su porcentaje* .-

CONSUMIDORES	% DEL MERCADO NACIONAL
Lacas para madera	34.96
Celofán	15.74
Lacas automotivas	13.98
Uso industrial	12.24
Tintas para rotograbado	6.99
Sombreros	6.99
Explosivos y pólvora	2.79
Misceláneos	2.10
Cuero	1.76
Papel	1.40
Textiles	0.69
Adhesivos	0.69
	<u>0.36</u>
	100.00 %

* (41), (42)

NOTA: Es posible que los porcentos de mercado cubierto por papel de textiles no sean muy exactos ya que en los textiles se llega a usar desperdicio de nitrocelulosa disuelto para acabados de no muy buena calidad mientras que para el papel hay veces que se compra la laca ya preparada para los recubrimientos y en este caso aparecería en usos industriales. Aunque de cualquier manera la variación de estos datos no afecta mayormente por ser muy pequeña la fracción del mercado que cubren.

Correlacionando el consumo de nitrocelulosa por el método de los mínimos cuadrados para estimar el futuro consumo de la nitrocelulosa se obtuvieron los siguientes resultados:

Año	Consumo esperado (en toneladas por año)
1966	2,064.0
1967	2,168.5
1968	2,273.0
1969	2,377.5
1970	2,482.0
1971	2,586.5

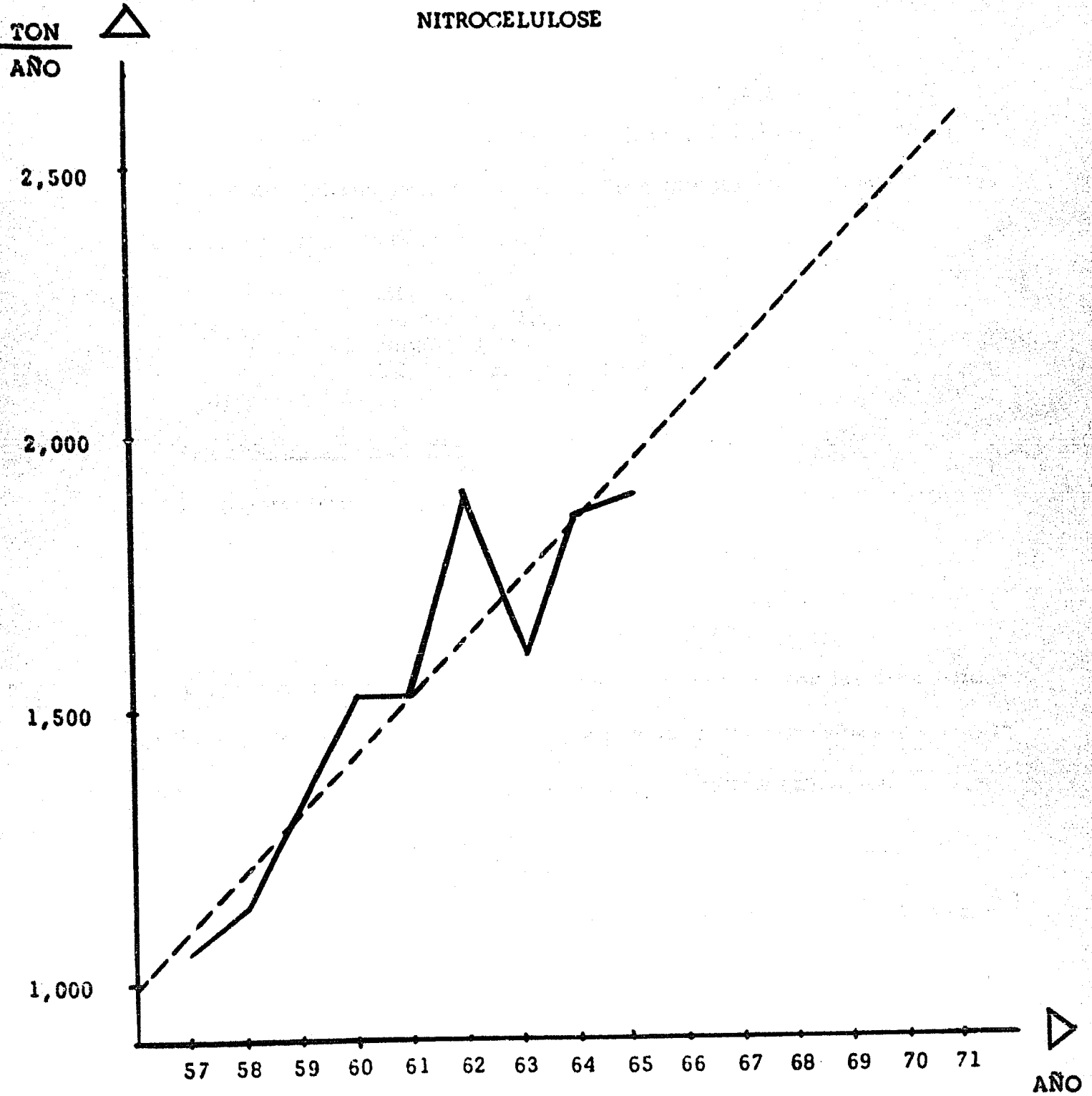
El incremento anual de consumo de la nitrocelulosa en México es del 5.08%.

Como está repartido el consumo de Nitrocelulosa en la República Mexicana*.-

El consumo de la nitrocelulosa está repartido aproximadamente para los compradores y distribuidores en:

México, D.F.	90%
Monterrey, N.L.	5%
Guadalajara, Jal.	5%

TENDENCIA DEL CONSUMO DE
NITROCELULOSE



Mientras que la nitrocelulosa importada para uso propio o sea la nitrocelulosa importada por CYDSA o por Celanese Mexicana está repartida de la siguiente manera.

Monterrey, N.L. (Celulosa y Derivados S.A.)	55 %
Zacapu, Mich. (Celanese Mexicana, S.A.)	45 %

Haciendo globales las importaciones de Nitrocelulosa en México, estas quedarían por orden de importancia:

México, D.F.	75 %
Monterrey, N.L.	13.33 %
Zacapu, Mich.	7.5 %
Guadalajara, Jal.	4.17 %

Productores e Importadores.-

1. Importadores:

DuPont, S.A. de C.V.
 Química Hércules, S.A.
 Celco, S.A.
 Imperial Chemical Industries Ltd.

Estas cuatro compañías aparte de ser importadoras, son las distribuidoras de este producto en México. Ya que hay otras dos compañías que importan la nitrocelulosa para su propio consumo. Estas industrias son:

Celorey
 Celanese Mexicana

Toda la nitrocelulosa que se importa está sujeta a permiso de importación y a pagar una tarifa de 0.02 \$/kg. más el 4 % del valor del envío.

2. Productores:

El único productor de nitrocelulosa en México es la Fábrica Nacional de Pólvora de Santa Fé, la que consume toda su producción y es dependencia oficial a cargo de la Secretaría de la Defensa Nacional.

Tendencia del precio de la Nitrocelulosa* -

Año	Precio Nitrocelulosa Baja Viscosidad	Precio Nitrocelulosa Alta Viscosidad
1958	13.00	13.50
1959	12.32	12.71
1960	11.80	12.00
1961	11.04	11.27
1962	10.38	10.51
1963	9.75	9.75
1964	10.36	10.36
1965	11.00	11.00
1966	11.00	11.00

Los precios de la nitrocelulosa son precios promedio en \$/kg. de nitrocelulosa húmeda con 30 % de alcohol etílico y envasada en tambores galvanizados de 55 galones.

NOTA: Se considera Nitrocelulosa de baja viscosidad aquella cuya viscosidad, por el procedimiento usual de la esfera de acero, no es mayor a 5 ó 6 segs. Mientras que se considera nitrocelulosa de alta viscosidad aquella que va de 15 a 20 segs. a 1000 - 1500 segs.

La diferencia de precios entre los dos tipos de nitrocelulosa los primeros años de la tabla, es debida a que la nitrocelulosa de baja viscosidad tiene una densidad mayor que la de alta viscosidad y por lo tanto en un mismo volumen habrá más masa de nitrocelulosa de baja que de alta viscosidad.

Los envases generalmente usados para la nitrocelulosa son tambores de 55 gal. los que podrán contener normalmente 103.87 Kg. de nitrocelulosa húmeda de baja viscosidad ó 87.54 Kg. de nitrocelulosa alta viscosidad húmeda, el precio de la Nitrocelulosa de alta viscosidad era mayor ya que se repartía el precio del envase entre un número menor de kilos.

TENDENCIA DEL PRECIO DE LA
NITROCELULOSA

$\frac{\$}{K9}$

13

12

11

10

9

— : BAJA VISCOSIDAD
- - - : ALTA VISCOSIDAD

58

59

60

61

62

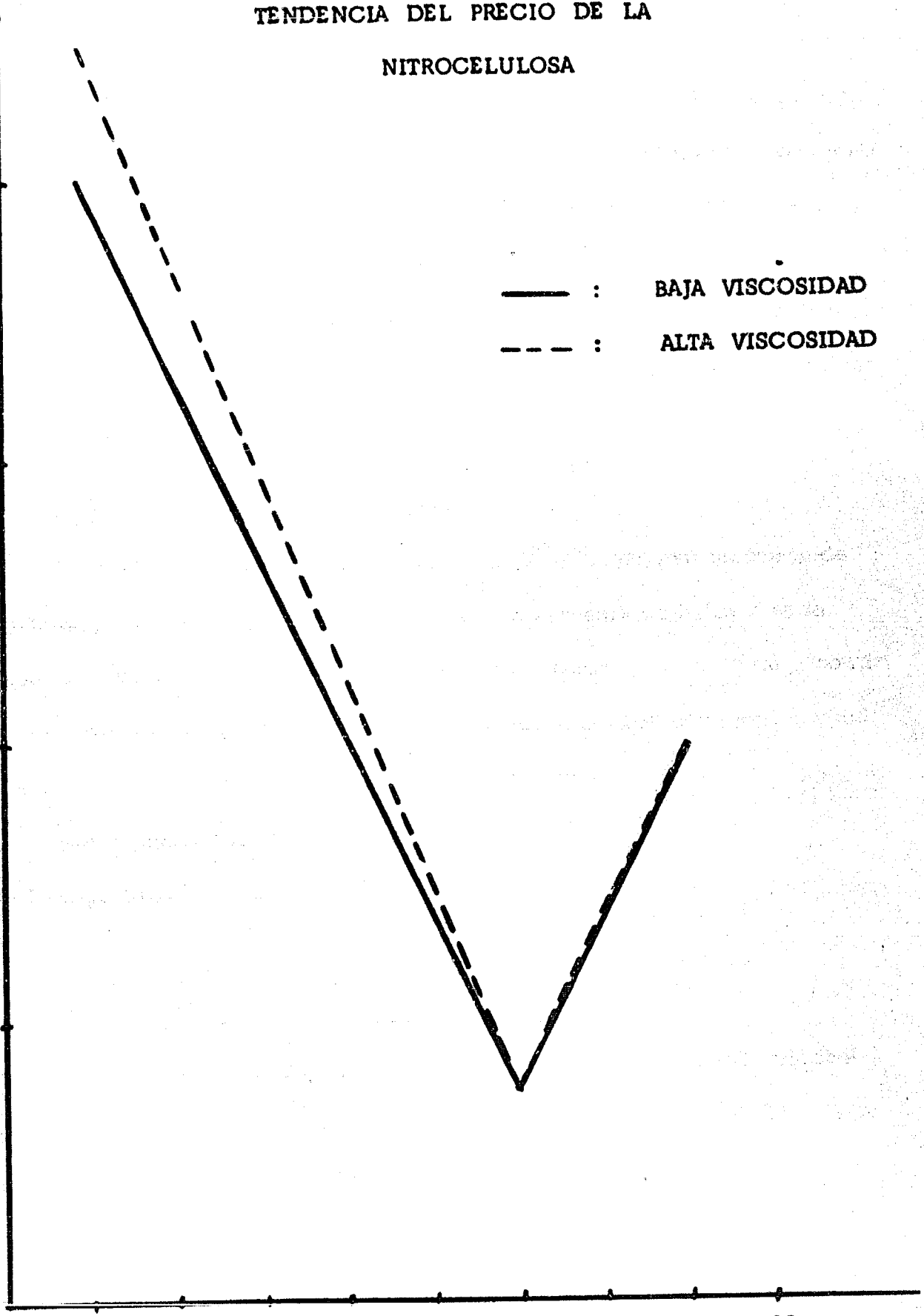
63

64

65

66

AÑO



Por la variación sin tendencia de los precios de la nitrocelulosa año con año, la correlación por el método de los mínimos cuadrados dió un coeficiente muy bajo, o lo que equivale a decir que la línea de la correlación no será representativa de los distintos puntos de la gráfica.

Por no haber podido correlacionar los valores y tomando en cuenta que el precio no ha variado durante los dos últimos años, el precio que se usará será de 11.00 \$/Kg.

Envase comercial de la Nitrocelulosa. -

La nitrocelulosa como antes se dijo se empaqa húmeda en tambores de 55 galones, pero dependiendo de lo comprimida que ésta se halle y de la viscosidad, será la cantidad de nitrocelulosa contenida. En la tabla a continuación veremos cuales son las cantidades empaçadas que hay en el mercado de México y cual es el máximo que se puede empaçar.

Tomando como unidad un tambor de 55 galones.

<u>Tipo de Nitrocelulosa</u>	<u>Kilos de Nitrocelulosa Mercade de Mex.</u>	<u>Húmeda Máximo</u>
Baja Viscosidad	103.870	155.000
Alta Viscosidad	87.540	114.000

Los humectantes de uso más generalizado son alcohol etílico, alcohol isopropílico y alcohol butílico, usados en cantidades que van del 30 al 47% en peso de la Nitrocelulosa húmeda.

El agua es también usada como humectante de nitrocelulosa, especialmente de aquellas que tienen alto contenido de nitrógeno y son destinadas a la fabricación de dinamitas.

El tipo de humectante se escoge generalmente pensando en las futuras transformaciones que se le harán a este producto.

Materias primas, Disponibilidad y Precios. -

A) Celulosa de Borra * .-

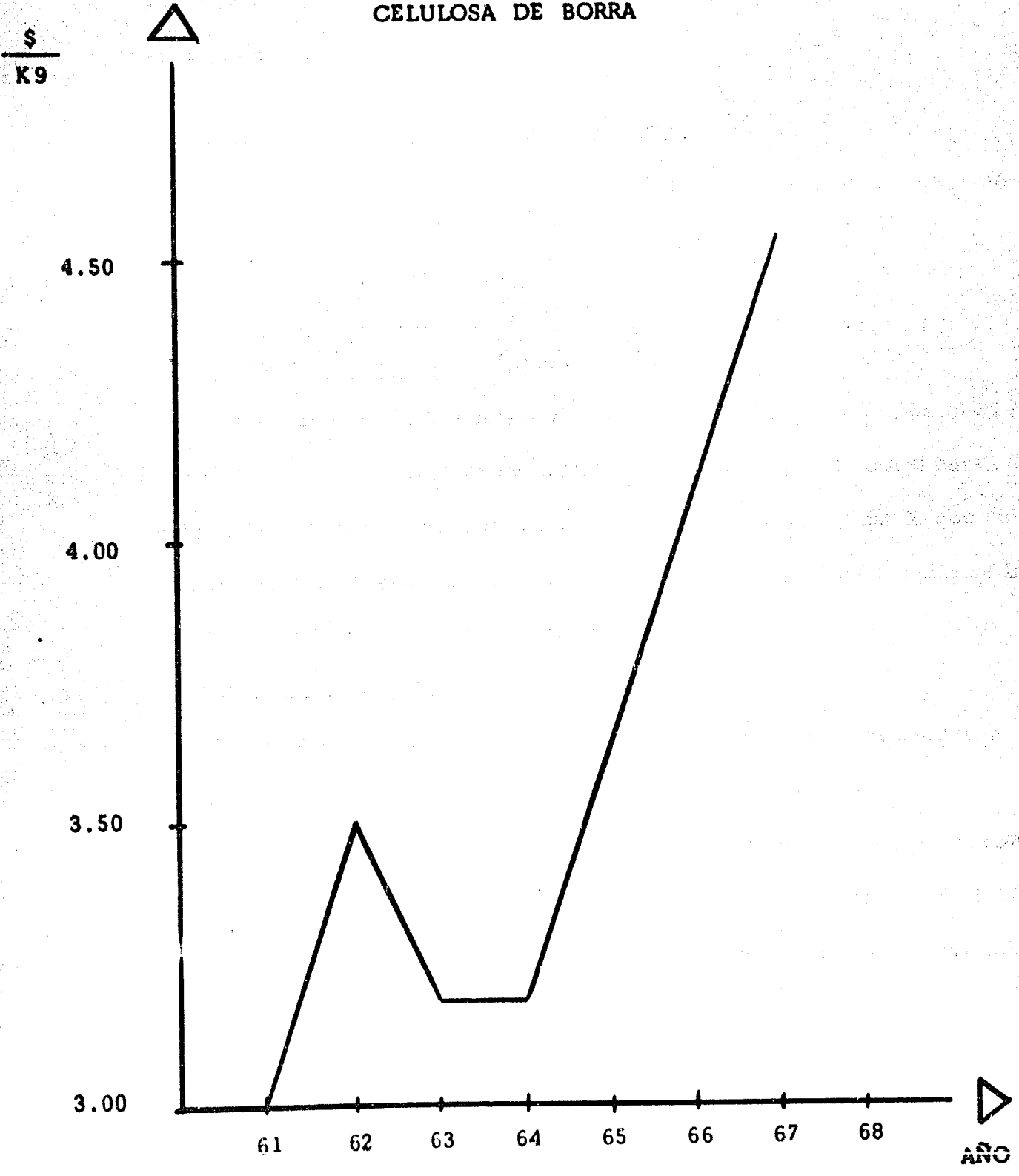
Precios de la celulosa de borra durante los últimos años:

Año	Precio Promedio Dlrs/100lb	Precio Promedio \$/KG
1961	11.00	3.02
1962	12.75	3.51
1963	11.60	3.19
1964	11.60	3.19
1965	13.30	3.66
1966	16.50	4.54

La variación en precio de la celulosa de borra de año a año se debe a la abundancia o escasés de materia prima que es el algodón. Como se puede ver el precio de este tipo de celulosa ha subido durante los dos últimos años por arriba de los precios en que estaba anteriormente, esto fue causado ya que hace tres años la producción de algodón en Estados Unidos pasaba por mucho a su consumo y el gobierno de los Estados Unidos con el fin de normalizar la situación ha indemnizado a los agricultores con el fin de que estos bajen su producción y se aproximen la oferta y la demanda para obtener un precio más razonable por el algodón. Lo que ha traído como consecuencia el encarecimiento de ésta materia prima.

Los precios listados en la tabla superior son los precios internacionales mismos que se usan en el mercado de México por su único productor que es Celanese Mexicana, en su planta de Río Bravo, Tamaulipas.

TENDENCIA DEL PRECIO DE LA
CELULOSA DE BORRA



Para dar una visión más clara de ésta materia prima a continuación aparecerán listados los volúmenes de producción y porciento anual de crecimiento de la celulosa de borra.

Tabla de Producción de Celulosa de Borra * .-

Año	Toneladas Producidas	% Anual de Crecimiento
1959	4,539	45.9
1960	6,089	34.1
1961	6,800	11.7
1962	7,000	2.9
1963	8,200	17.1
1964	8,284	1.0

Los resultados de la correlación por el método de los mínimos cuadrados no dieron un coeficiente de correlación lo bastante alto como para ser aceptable, por ser muy pocos los valores correlacionados, por lo que supondremos que el precio en un futuro próximo será igual al promedio de los precios anteriores, o sea \$3.49 kg.

B) Acido Nítrico ** .-

Los precios del ácido se han mantenido constantes desde 1963 a la fecha y no se espera ningún cambio.

El precio del ácido depende del volumen del consumo y de la concentración usada, tomando como base para el precio ácido nítrico Q.P. (100).

La tabla a continuación nos da una idea de como varía el precio del ácido dependiendo de los dos factores arriba mencionados.

* (19)

** (40), (42)

Concentración Toneladas de Acido Nítrico base húmeda por trimestre

ácido en %	5 a 49	50 a 99	100 a 149	150 ó más
95	3.40	2.85	2.30	2.15
70	3.00	2.45	1.90	1.75

NOTA:

Estos precios son LAB planta, por lo que para tener el costo total del ácido hay que sumarle fletes y manejo, lo que dependerá del envase del ácido.

Algunos de los principales productores de ácido nítrico en la República Mexicana son:

Fertilizantes de Monclova, S.A.
 Productos Químicos de Monterrey
 Fertilizantes del Istmo, S.A.
 Cía. Mexicana de Explosivos, S.A.
 Fábrica Nacional de Pólvora
 DuPont, S.A. de C.V.
 Hard Chemical Works
 Productos Monterrey, S.A.

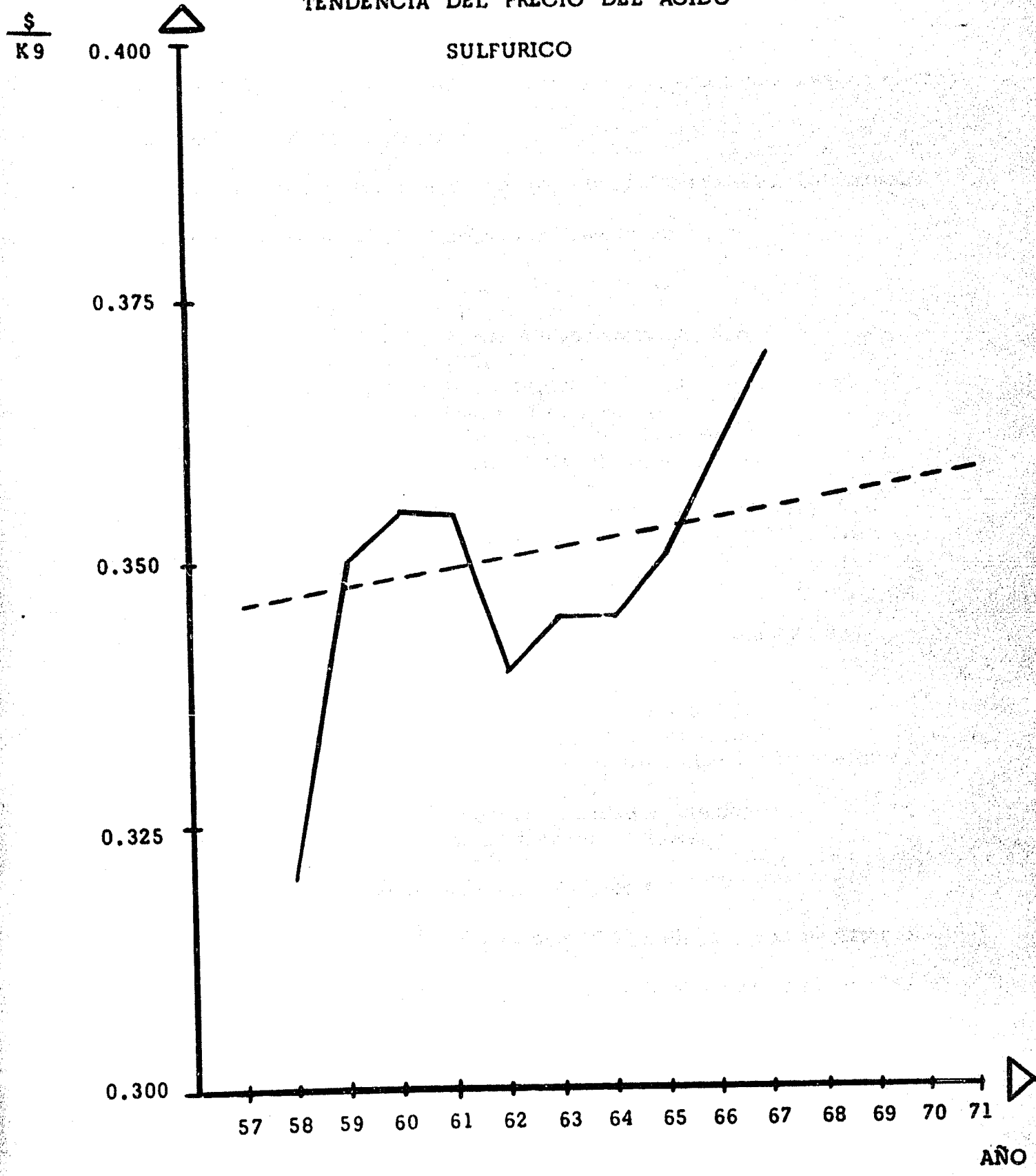
C) Acido Sulfúrico * .-

Tabla de Precios del Acido Sulfúrico:

Año	Precio de \$/Kg.
1957	0.37
1958	0.32
1959	0.35
1960	0.355
1961	0.355
1962	0.34
1963	0.345
1964	0.345
1965	0.35
1966	0.37

* (2), (3), (40)

TENDENCIA DEL PRECIO DEL ACIDO SULFURICO



NOTA: Los precios de la tabla son promedio, ya que muchas veces el precio varía dentro de un mismo año.

Estos precios son L.A.B. Planta, sin contar el flete. Los principales productores del Acido Sulfúrico en México son:

Acidos Asarco, S.A.
Alkamex, S.A.
Azufrera Panamericana, S.A.
CYDSA
Cía. Mexicana de Coque y
Derivados, S.A.
Cía. Metalúrgica Peñoles, S.A.
Fertilizantes del Itsmo, S.A.
Fomento Minero, S.A.
Guanos y Fertilizantes de México, S.A.
Industria Petroquímica Nacional, S.A.
Magnesio, S.A.
Monsanto Mexicana, S.A.
Mexicana de Zinc
Pigmentos y Productos Químicos, S.A.
Soller, S.A.
Zincamex, S.A.
Allied Chemical International
Hard Chemical Works, S.A.
Industria Nacional Químico Farmacéutica,
S.A. de C.V.
Productora Química Mexicana
Quimicobásicos, S.A.

Para mayor información de este producto:

Su producción en 1965 fue de 468,000 toneladas, sus importaciones fueron de 102,000 toneladas, por lo que su demanda alcanzó en 1965 la cifra de 570,000 toneladas.

En la gráfica # 5 aparece la recta obtenida correlacionando los precios del ácido sulfúrico por el método de los mínimos cuadrados.

El precio del ácido esperado para 1971 es de 0.35751 \$/Kg.

Reglamentación de la Secretaría de la Defensa Nacional para la Producción y Almacenamiento de Nitrocelulosa *.-

A) Las distancias del almacén de producto terminado a vías de comunicación tales como carreteras o vías de ferrocarril lo mismo que a edificios habitados o a otros almacenes de explosivos están dados por la Secretaría de la Defensa en la Tabla de Seguridad # 1 de la sección sexta del Estado Mayor, asesoría técnica. Un ejemplo de esta tabla viene a continuación:

Nitrocelulosa	Explosivos Kg.	Edificios habitados m	Caminos carreteras m	Vías FFCC m	Líneas alta tensión	Otros polverines m
Húmeda 30 %	1,000	150	125	125	70	30
con 12.2 % N ₂	50,000	550	250	250	80	75
como máximo	100,000	650	400	400	100	100

B) Para el almacenamiento de distintos tipos de explosivos en un mismo polvorín, hay que comprobar si estos se pueden almacenar en un mismo lugar, por medio de la tabla de "Compatibilidades" de la sección sexta del Estado Mayor.

En este caso particular sólo se almacenará nitrocelulosa pero hay que tener muy en cuenta para un futuro que la nitrocelulosa sólo se puede almacenar con nitrocelulosa por lo que no se debe dejar en el almacén de la nitrocelulosa ningún explosivo diferente a ésta.

C) La Secretaría de la Defensa Nacional con el fin de que sean cumplidas las anteriores disposiciones, exige que una vez instalada la planta, casi lista para arrancar se someta ésta a una inspección por

parte del municipio correspondiente, el cual dará un certificado de conformidad con la distribución de la planta, y sobre este se basará la Secretaría de la Defensa para dar el permiso de arrancar la planta.

En algunos casos el presidente municipal exige una carta del gobierno del estado, en la que se certifique que han sido adecuadamente llevadas a la práctica las disposiciones de la Secretaría de la Defensa, para dar luego el certificado municipal. El certificado estatal es generalmente necesario en los municipios que rodean al Distrito Federal, tales como Naucalpan de Juárez.

Una solicitud del certificado municipal se agrega a continuación.

Localización de la Planta * . -

La planta se localizará en las cercanías de la autopista México-Toluca a la altura del Río Lerma, por cumplir en esta localidad los requisitos necesarios para la ubicación de la planta.

Estos requisitos son:

1. Agua en abundancia, lo que se logra por la cercanía del Río Lerma.
2. Cercanía de los consumidores, la ubicación cumple con esta condición, ya que la mayoría de los consumidores (75%) se encuentran en el Distrito Federal.
3. Cercanía de los proveedores, la planta quedará cerca del Distrito Federal y por tanto cerca de todos los proveedores, menos del de celulosa de borra ya que sólo se produce en el norte del Estado de Tamaulipas, pero trasladará la materia prima por ferrocarril.

4. Esta ubicación está ampliamente comunicada por la autopista México -Toluca, y demás carreteras que van desde el centro de la república a Toluca. Tiene también acceso a vías de ferrocarril las que van cerca de la carretera.
5. La topografía en esta parte de la carretera es lo bastante plana como para poder hacer una construcción fabril.

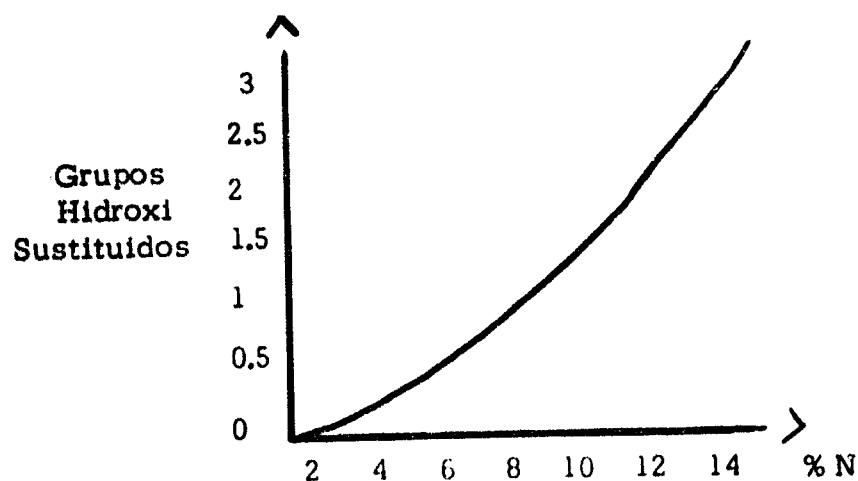
III. PROPIEDADES PRINCIPALES*

Grado de Sustitución. -

Como medida de este grado de sustitución del ácido nítrico sobre la nitrocelulosa se emplean generalmente el porcentaje de nitrógeno que ha sido sustituido sobre la celulosa formando el nitrato.

El grado teóricamente máximo de sustitución sería de 14.14 % N. grado en el que los tres grupos OH que hay en cada molécula de celulosa estarían completamente sustituidos por los grupos NO_3 o sea que se habría formado el trinitrato de celulosa, este caso en la práctica no es posible ya que se han logrado alcanzar únicamente sustituciones de 2.9 grupos OH lo que equivale a un grado de sustitución de 13.8.

Una gráfica que nos relaciona el grado de sustitución en % N. contra el número de grupos hidroxilo sustituidos viene a continuación.**



* (4), (5), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), (14), (15), (24), (26), (26), (30), (31)

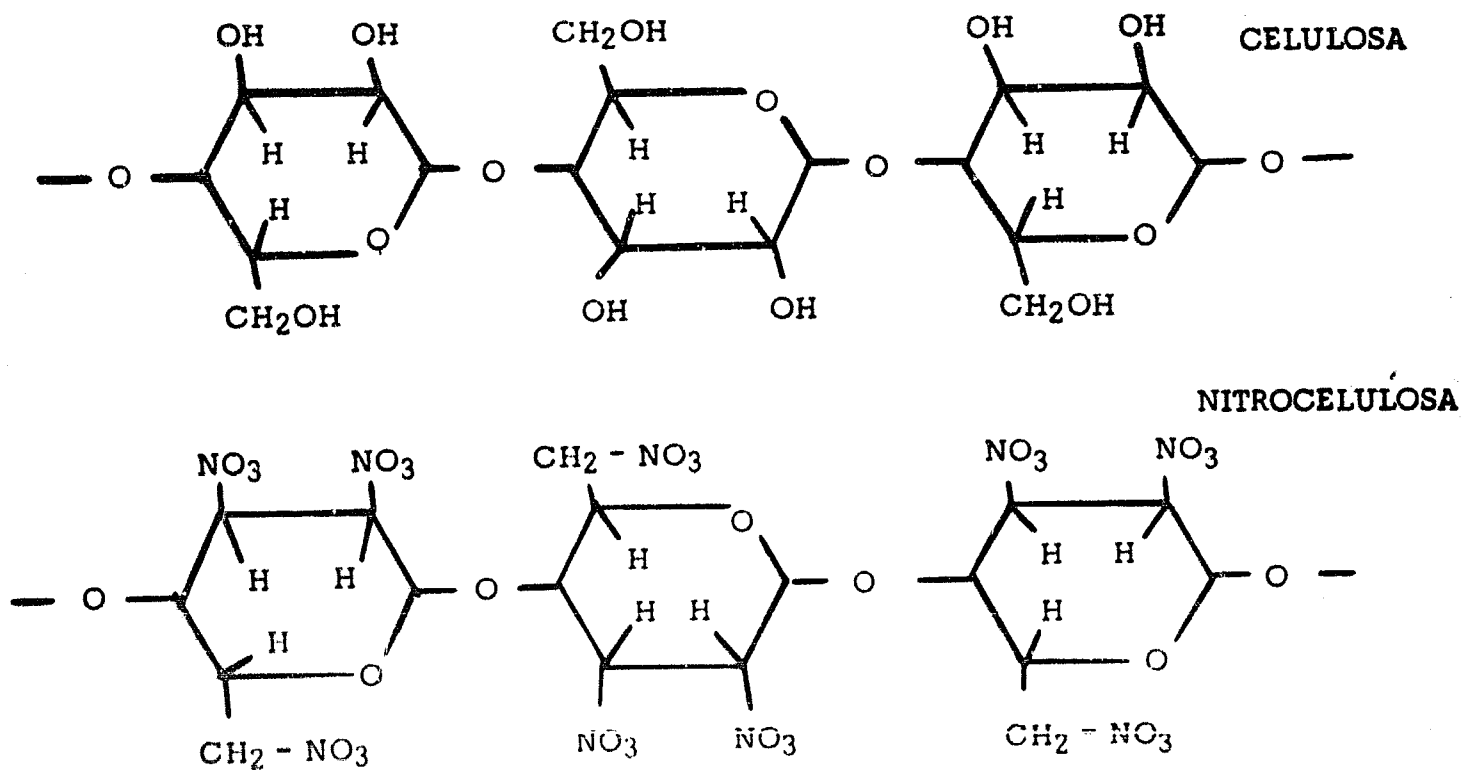
Para tener una idea más clara de cuales son los grupos hidroxil que se sustituyen por grupos NO_3 se incluye abajo la fórmula de la celulosa y la fórmula de la nitrocelulosa con los tres grupos OH sustituidos.

Determinación del Grado de Sustitución. -

Este método requiere equipo altamente especializado, por ejemplo, el necesario para secar la nitrocelulosa, pero en grandes rasgos este método es como sigue:

Se le agrega ácido sulfúrico concentrado sobre la nitrocelulosa seca en presencia de mercurio y en ausencia de aire, desprendiéndose vapores nítricos, los que medidos cuantitativamente y pasado este resultado a % de nitrógeno, tendremos ya el grado de sustitución.

Este método ha sido aprobado por el ASTM*.



Clasificación. -

La nitrocelulosa se clasifica principalmente por su grado de sustitución o dicho de otra manera por el porcentaje de nitrógeno que hay en una molécula del ester. Dependiendo de este contenido de nitrógeno será el uso al que esté destinado el nitrato.

* ABREVIATURA	GRADO DE SUSTITUCION	APLICACION
SS	10.7 a 11.2% N	Plásticos y lacas
AS	11.3 a 11.7	Celuloide y lacas
RS	11.8 a 12.2	Celuloide, lacas y Adhesivos
--	12.5 a 13.5	Pólvora sin humo y Explosivos

La temperatura afecta de tal manera a la viscosidad de las suspensiones de nitrocelulosa que al aumentar la temperatura de la suspensión su viscosidad disminuye logarítmicamente.

El escoger el solvente tiene también marcada influencia en la viscosidad, esta influencia se supone que es debida a las variaciones de longitud de cadena causadas por el solvente.

Esta relación entre la viscosidad y el solvente ha sido escrita matemáticamente de la siguiente forma: $\eta = KM^{\alpha}$ en donde η es la viscosidad, M el peso molecular del solvente y K y α constantes de cada solvente. Esta ecuación tiene también sus excepciones ya que las nitrocelulosas de alto contenido de nitrógeno tienden a perder flexibilidad en sus cadenas, lo que afectaría a la ecuación superior, por no estar incluido en ésta, la variación de flexibilidad de las cadenas.

* (9), (10), (24)

Un ejemplo de la variación de la viscosidad con el solvente es:

Una solución al 10% de nitrato de celulosa RS 1/2 segundo a 25°C tendrá las siguientes viscosidades en centipoises para diferentes solventes:

Lactato de butilo	328 cp
N Acetato de butilo	79 cp
Acetato de etilo	43 cp
Acetato de metilo	26 cp

El método analítico más generalizado para la determinación de la viscosidad es el del balín de acero, aunque como dentro de este mismo método hay gran número de variantes tomaremos el establecido por la ASTM (American Society of Testing Materials).

Se pesa una muestra de nitrocelulosa que equivalga al 12.2% en peso del solvente estandar, el que estará formado de*:

Acetato de etilo	20 %
Tolueno	55 %
Alcohol etílico desnaturalizado,	<u>25 %</u>
	100 %

Esta solución se pasa a un recipiente de vidrio en forma de tubo en uno de cuyos extremos está colocado un tapón de goma, en este tubo habrá dos marcas horizontales separadas dos pulgadas. El tubo estará sumergido en un baño de agua, el que debe mantenerse a temperatura constante $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

De la parte superior del tubo se dejará caer una pequeña sola o balín de acero con las siguientes especificaciones; diámetro 3/32 pulgadas, peso 0.054 a 0.056 Kg. y con una densidad de 7.42 a

7.82 gramos/mililitro cuando este balón pase por la primera de las marcas del tubo se arrancará el cronómetro, el cual será detenido cuando pase el balón por la segunda de las marcas. Se tendrá entonces una lectura de la viscosidad en el tiempo que haya marcado el cronómetro.

Como es poco exacto el hacer lecturas en el viscosímetro cuando el intervalo de tiempo que tarda el balón en pasar entre las dos marcas, es menor de un segundo; se harán entonces soluciones más concentradas de nitrocelulosa teniendo hasta un 20 ó 25 % en peso o también en este caso se podría usar en vez del balón de acero de 3/32" un balón de aluminio de 1/16", con un peso de 0.0059 a 0.0060 gramos, y la lectura así obtenida se podría pasar a cenipoises o a segundos con el balón de acero de 3/32". Para esto se podría usar la siguiente fórmula:

$$Y + 0.12 X + 0.2$$

En donde X segs. para la bola de aluminio 1/16" y Y segs. para la bola de acero 3/32".

Solubilidad.

El término solubilidad hablando de coloides como la nitrocelulosa está incorrectamente aplicado, ya que debería de ser más bien el término dispersión el usado, aunque como es el término generalmente conocido, es el término que para esta tesis usaremos.

Los solventes de ésta pueden ser activos, si es el solvente que se le agrega para una aplicación inmediata como podría ser el caso de las lacas y latente como es el caso del alcohol etílico, alcohol su-

tanol y agua, los que son usados cuando se tendrá la nitrocelulosa almacenada un lapso de tiempo mayor.

Los solventes activos generalmente proporcionan soluciones de alto contenido de sólidos y baja viscosidad; la selección del tipo de solvente activo dependerá del grado de sustitución de la nitrocelulosa y de su aplicación*.

GRADO DE SUSTITUCION

(% N)	SOLUBLE EN
10.7 a 11.2	Mezclas de esteres, cetonas, alcoholes de su mejor solvente el etanol.
11.3 a 11.7	Mezclas eter-alcohol, esteres, cetonas o alcoholes de bajo peso molecular.
11.8 a 12.2	Esteres, cetonas, mezclas eter-alcohol, glicoles y esteres del glicol.
12.5 a 13.5	Acetona

Estabilidad**. -

La estabilidad es un factor esencial para la nitrocelulosa, no solo por la calidad que se obtiene, es decir un producto de larga duración debido a su gran estabilidad, sino que también evita riesgos de posibles accidentes, cuando manipulada o almacenada.

El método actualmente más usado en la determinación de la estabilidad de la nitrocelulosa es el siguiente.

* (24)

** (30), (31), (21)

Se pesa una muestra de cinco gramos de nitrocelulosa, la que se calienta de ocho a diez horas bajo una campana cuya atmósfera es de CO_2 y aire, de la parte superior de la campana hay una conexión a un vaso en donde hay 100ml de una solución al 0.5 % de Hidroquinona en agua.

La estabilidad se deduce de la variación del PH de la solución de Hidroquinona.

Se considera estable una nitrocelulosa que después de ocho horas a 110°C no ha sufrido una descomposición notable.

Otro método usado es el calentar nitrocelulosa a 134.5°C en presencia de papel de violeta de metilo, el que es extremadamente sensible a los humos de los óxidos de nitrógeno. Una nitrocelulosa estable no deberá de decolorar el papel por lo menos durante 25 minutos (para nitrocelulosa soluble), este método ha sido aprobado por la ASTM.

Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas. -

Como la nitrocelulosa lleva más de un siglo en el mercado mundial ha sido sometida a gran cantidad de pruebas, lo mismo que los plásticos derivados de ésta y gracias a esto un gran número de sus propiedades son conocidas.

Una breve enumeración de sus propiedades más importantes sigue a continuación*.

Olor	ninguno
Color	blanco
Claridad de película	excelente
Punto de ignición	135°C
Volúmen específico	16.26 in ³ /lb (como película)
Carga eléctrica por frotamiento con seda	negativa

Resistencia mecánica, seca	500 a 900 Kg/cm ²
Elongación (seca)	10 a 28 %
Elongación (húmeda)	10 a 34 %
Módulo de elasticidad	2.8 x 10 ⁵ psi
Flexibilidad de película	3.5 x 10 ⁻³
Dureza (Sward - Rocker)	90
Velocidad de ignición en milésimos de pulgada/segundo	5 a 10
Efecto del calor seco	descomposición lenta
Efecto de la luz solar	decoloración considerable
Efecto del tiempo	ligero
Efecto del agua fría	ninguno
Efecto del agua caliente	ninguno
Efecto de ácidos débiles	mediano
Efecto ácidos fuertes	pobre
Efecto de los alcalles	pobre
Peso específico	1.35 a .165
Contracción	hasta 1 %
Resinas compatibles	practicamente todos los tipos
Plastificantes	practicamente todos, incluyendo aceites.
Ceras compatibles	ninguna
Esteres de la celulosa compatibles	acetato de celulosa, etil celulosa y esterres de celulosa mezclados.

IV. EMBARQUE, EMPAQUE, MANIPULACION Y NORMAS DE SEGURIDAD * .

Por ser la nitrocelulosa un producto explosivo, es necesario seguir ciertas normas para su embarque y empaque, hay ciertas normas establecidas para este objeto, las más detalladas son las del Interstate Commerce Commission (I.C.C.).

EMPAQUE

La nitrocelulosa húmeda, tanto en alcohol como en agua, deberá ser empacada en tambores de 55 galones, ya sean galvanizados o recubiertos interiormente con una capa protectora de resina Epóxi - Fenólica. El peso bruto de éstos tambores no deberá exceder las 490 libras.

ETIQUETADO

El etiquetado de la nitrocelulosa dependerá principalmente de su humectante; para este objeto lo dividiremos en dos grandes tipos:

1). La nitrocelulosa humectada con solventes orgánicos es clasificada por la I.C.C. como líquido inflamable y lleva por esto una etiqueta roja de líquido inflamable; 2). La nitrocelulosa humectada con agua, está clasificada por la I.C.C. como sólido inflamable por lo que su etiqueta deberá ser de color amarillo.

En ambas etiquetas, deberá aparecer un impreso que diga aproximadamente: PRECAUCION, NO SE GOLPEE, TENGASE ESTE TAMBOR ALEJADO DEL FUEGO Y DEL CALOR.

EMBARQUE

La Interstate Commerce Commission ha establecido que:

- 1). Nitrocelulosa humectada con alcohol o solventes orgánicos, no deberá empacarse más de 25 lbs en un mismo recipiente, si es para transportarse por ferrocarril.
- 2). Nitrocelulosa humectada con agua, deberá empacarse con un máximo de 100 lbs por recipiente para embarcarse por ferrocarril.
- 3). Nitrocelulosa humectada por cualquiera de los dos tipos de humectantes, empacada en recipientes que contengan como máximo un cuarto de galón o una libra neta de nitrocelulosa, empacados estos en un recipiente exterior, en donde estén firmemente sujetos, el embarque estará exento de los anteriores requisitos, siendo unicamente necesario marcar en el envase exterior el nombre del producto.

MANIPULACION Y ALMACENAMIENTO *

Por regla general, la nitrocelulosa, cualquiera que sea el medio en que se encuentre, mientras éste sea líquido, no se descompondrá a los rangos de temperatura ambiente, ya que la nitrocelulosa se descompone a temperaturas que van entre los 180 y 185^oc, aunque si está expuesta a cambios de temperatura, irá perdiendo su estabilidad.

La manipulación de fibras secas de nitrocelulosa, debe ser extremadamente cuidadosa, ya que éstas se pueden encender muy facilmente, por medio de llama, calor directo, fricción o choque con objetos duros. Se quema muy rapidamente y su flama alcanza temperaturas muy altas, el peligro principal de la nitrocelulosa en esta forma es que para su ignición no necesita del aire, por lo que puede quemarse adentro de un tambor hermético, causando una violenta explosión por el gas generado.

La carga y descarga de camiones y trenes deberá hacerse con grandes precauciones para evitar accidentes. Para dar una idea de la meticulosidad con la que se debe trabajar, agrego un ejemplo detallado, acerca de como debería ser la descarga de tambores de nitrocelulosa de un furgón de ferrocarril:

1. Abrir lentamente la puerta del furgón, hasta que haya el suficiente espacio para ver hacía adentro.
2. Comprobar si el movimiento del tren durante el viaje no ha dañado los tambores de nitrocelulosa. En caso de que por haberse golpeado un tambor, se hubiese regado la nitrocelulosa y hubiera caído parte de esta cerca de las correderas de la puerta, sería necesario rociar las correderas y sus cercanías con una gran cantidad de agua, para así poder abrir completamente la puerta del furgón sin peligro.
3. En caso de que al vaciarse un tambor durante el viaje, hubiese caído la nitrocelulosa en las paredes o en el piso será necesario lavarlas con una gran cantidad de agua y después recoger la fibra para quemarla en un lugar distante y eliminar las posibilidades de fuego o explosión. Una vez hecho esto se podrán descargar los tambores que contienen la nitrocelulosa.
4. Los tambores deberán ser descargados en una plataforma que esté a la misma altura que el furgón, y deberán ser transportados por medio de diablos con llantas de hule y con un cinturón para asegurar el tambor.

5. En caso de que se hubiese vaciado parte de un tambor, será necesario ventilar el furgón adecuadamente para evitar la formación de una mezcla explosiva.

NORMAS DE SEGURIDAD EN EL AMACENAMIENTO DE NITROCELULOSA.

1. Si la nitrocelulosa se va a almacenar por un período largo de tiempo, es necesario preservarla de la acción de la luz, ya que ésta disminuye su viscosidad lo mismo que su contenido de nitrógeno y acelera su descomposición.
2. El almacén deberá de tener suficiente ventilación, lo que dicho de otra forma sería: deberá tener un pie cuadrado de ventana por cada quince pies cúbicos que tenga de volúmen el almacén.
3. Deberá estar prohibido en el almacén: fumar, encender fósforos, y encender luces que no tengan la debida protección antichispa.
4. Todo el equipo eléctrico usado deberá ser a prueba de explosión. Los switches de control de los circuitos eléctricos deberán estar montados sobre materiales no combustibles e instalados en el exterior del almacén.
5. No se deberán destapar tambores adentro del almacén.
6. No se deberán rodar los tambores en el piso, a menos de que éste sea de madera, siendo preferible el transportarlos por medio de diablos con llantas de hule.

En el area de empaque de nitrocelulosa se deberán tener las siguientes precauciones:

1. El personal de esa area deberá tener mucho cuidado de no usar ropa a la que se le hayan adherido desperdicios de nitrocelulosa, ya que ésta al evaporarse el solvente podría encenderse muy facilmente.
2. Esta area debe estar muy bien ventilada para la eliminación de vapores.
3. Las herramientas que se usen deberán ser de cualquier material no ferroso para que tengan así las propiedades antichispa, se deberán usar preferentemente herramientas de bronce.
4. El piso deberá estar cubierto con material antichispa.
5. Todo el equipo deberá estar conectado a tierra, para eliminar la posible electricidad estática.
6. Los operarios deberán usar calzado conductor.

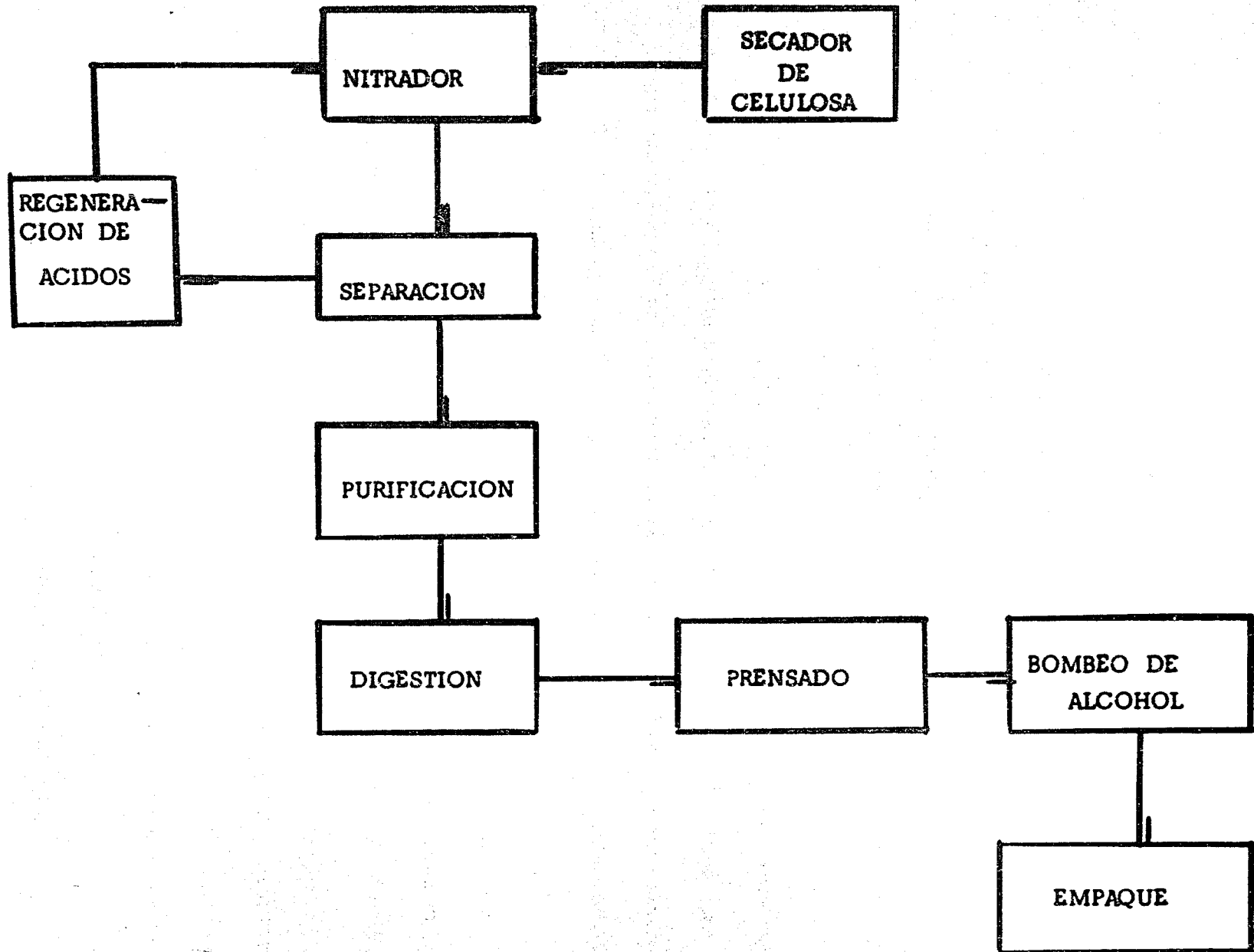
MEDIDAS PREVENTIVAS PARA COMBATIR EL FUEGO.

1. Es de suma importancia que el personal de la planta sin excepciones tenga una idea precisa de los peligros de la nitrocelulosa y de la mejor forma de combatir el fuego en caso de que aparezca, para tal objeto se deberán impartir cursos de entrenamiento para todo el personal.
2. Es conveniente el tener un grupo de obreros especialmente entrenados, para hacer las funciones de bomberos y dirigir las maniobras en caso de fuego.

3. Como el agua es el medio más efectivo para combatir la nitrocelulosa en combustión, cuando se encuentra sin solvente, deberá de estar instalado en los lugares en que haya más peligro de incendio, un sistema automático de rociadores de agua,
4. Todo el equipo de protección personal deberá de estar controlado por una sola persona, lo mismo que todo el equipo de extinguidores, para así evitar malos entendimientos y faltas de responsabilidad. Este equipo deberá de encontrarse en un lugar tal que sea de fácil acceso para todo el personal. Entre el equipo de protección personal deberán de incluirse mangas contra fuego, mascarillas contra gases con el canister apropiado, cascos y guantes que sean aislantes del calor.
5. Los extinguidores indicados para el caso de solventes o nitrocelulosa con solventes, son los de polvo químico, los de espuma y los de bióxido de carbono.
6. Como medida auxiliar y para que el personal de la planta tenga presente los riesgos a que se expone haciendo mal uso del equipo en la manipulación de la nitrocelulosa, lo mismo que para recordarle las medidas necesarias en caso de incendio, deberán ser colocados cartelones en los lugares clave cuyo contenido sea en términos generales el siguiente:
 1. Peligros y reglas en la manipulación de la nitrocelulosa.
 2. Peligros y reglas para el almacenaje de nitrocelulosa.

3. Causas posibles de incendio y sus posibles consecuencias.
4. Peligros de la nitrocelulosa sin humectante.
5. Instrucciones a seguir en caso de fuego.
6. Recordatorio para que todo el material de protección personal, lo mismo que el necesario para combatir el fuego, estén libres de obstrucciones para que sea rápido el acceso a ellos.

DIAGRAMA DE BLOQUES



V. DESCRIPCION Y SELECCION DEL PROCESO *.

Hay dos procesos que son los generalmente usados en la producción de Nitrocelulosa, ambos procesos tienen la misma base teórica y las mismas materias primas, su única diferencia es que uno de los procesos, el últimamente desarrollado es continuo, y el otro es intermitente, o tipo batch.

La selección del proceso, entre estos dos que son los únicos existentes es muy sencilla debido a que el proceso continuo tiene una cantidad mínima de producción para ser costeable, cantidad que es muy superior a la necesitada por la demanda de México en cinco años a la fecha, por lo que se usará el proceso intermitente para la producción de este producto.

En términos generales el proceso para la producción de Nitrocelulosa tipo Batch es como sigue:

La materia prima es celulosa de borra, la que al llegar al proceso ya está blanqueada y purificada, pero tiene una gran cantidad de agua entre sus fibras, agua que será eliminada por medio de un secador hasta llegar a un 0.6 % de agua como máximo.

De aquí se pasa esta celulosa seca en barriles herméticos, al nitrador, donde es cargada a mano y vaciada, aquí se le agrega una mezcla de ácidos nítrico y sulfúrico. La mezcla se mantiene a temperatura constante y con agitación, durante un período de tiempo que va entre 20 y 30 minutos dependiendo del grado de nitratación que se desee.

* (22), (23), (26)

La celulosa ya nitrada pasa entonces a una centrífuga en donde se le separan los ácidos restantes del paso de nitración, los que se mandan a la sección de regeneración para ser usados en Batches posteriores, mientras que la nitrocelulosa es vaciada a un tanque, por medio de una canal en donde se le adiciona agua para que fluya, esta agua es drenada al llegar al tanque donde se le adiciona nuevamente agua fresca, con la cual se hierve y se le cambia el agua, esta operación se repite hasta que las horas de lavado suman cuarenta cuando menos. Este tratamiento de ebullición y lavado remueve al ácido que aún hubiese quedado entre las fibras de nitrocelulosa y elimina a los esteres del sulfato que se hubiesen podido formar durante la nitración.

La nitrocelulosa después de este tratamiento es pasada a través de un refinador Jordan en donde se convierte en pulpa, la cual se pasa a un digestor que reduce la viscosidad de esta pulpa por medio de calentamientos y enfriamientos periódicos a presiones elevadas dentro de una bobina de tubos de gran longitud. Este tratamiento disminuye la viscosidad por disminuir la longitud de cadena Beta Glucosa, de las fibras de nitrocelulosa.

Después de la digestión es necesario hacer lavados nuevamente para eliminar las impurezas formadas durante la digestión. Después de esto se pasa la nitrocelulosa a prensas donde es eliminada gran cantidad del agua de los lavados. Aunque la deshidratación final se hace bombeando alcohol etílico a través de la masa compacta por el prensado de nitrocelulosa, la que se pasa a un desintegrador de bloques y es empacada para su almacenaje y distribución.

Como se sabe las características que varían en las distintas nitrocelulosas

comerciales son la Viscosidad y el Grado de Nitración, ambas propiedades son función de variables del proceso, por lo que con la misma instalación se puede producir nitrocelulosa de cualquier especificación

NOTA: El proceso continuo es patente de Hércules Powder y el nitrador continuo es diseño y patente de Montecatini.

Secado de la Celulosa de Borra. -

Es muy importante el controlar la humedad de la celulosa antes de nitrarse, ya que del agua existente va a depender el grado de nitración de la nitrocelulosa resultante. Esta celulosa está preparada a partir de las fibras cortas de algodón que quedan adheridas a la simiente después de que el algodón ha sido pasado por la máquina desmontadora separando así las fibras hilables de algodón, estas fibras son lavadas y tratadas por una solución alcalina y finalmente lavadas con agua hasta que se logre una pasta de gran blancura. Esta pasta así obtenida es la que se consigue comercialmente con una humedad base seca del 4 al 8 %, pero es necesario secarla, para así bajar su contenido de agua la que podría, como se dijo antes, afectar en el grado de sustitución de la celulosa. Así es que por medio de un secador será abatida la humedad de ésta hasta un 0.6 % aproximadamente.

Para evitar que la humedad del ambiente sea adsorbida por la celulosa aumentando así su porcentaje de agua, inmediatamente después del secador se envasa esta celulosa en tambos herméticos, de los que se vacía la celulosa cuando llega su turno para nitrarse.

Nitración de la Celulosa * . -

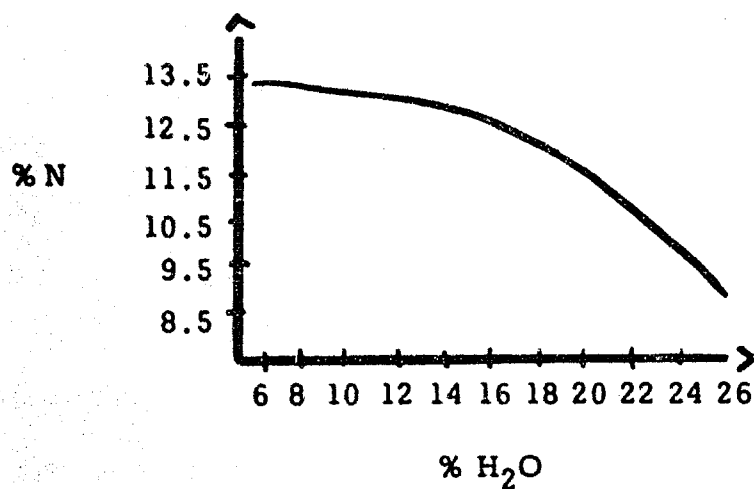
Hay varios factores que son decisivos para una efectiva nitración, estos son:

1. La proporción de ácido a celulosa, este factor tiene dos causas, la primera es que se necesita una cantidad de ácido mayor a la estequiométrica y segunda que debe de haber un volumen regular de líquido para que la agitación y por lo tanto la reacción de todas las fibras sea factible. Otra dificultad que se presenta al haber un exceso ligero de mezcla ácida es que mientras menor sea la relación entre la mezcla y la celulosa mayor sera el efecto del agua sobre el grado de sustitución, efecto por demás indeseable.

Este efecto es palpable cuando la relación ácido celulosa es 25: 1, mientras que casi es imperceptible cuando la relación es 40: 1, por lo que en la industria para dar un mayor margen de seguridad las relaciones usadas son de 50: 1 y de 80: 1. Eliminando así la influencia de la cantidad de agua sobre el porcentaje de N., habiendo suficiente exceso de ácido nítrico, ya que éste será entre 10 y 12 veces el teórico para un grado de sustitución de 11%.

2. El tiempo de nitración.
3. Temperatura de nitración, estos dos factores están íntimamente ligados, ya que a un menor tiempo de nitración se pueden usar temperaturas más elevadas, siempre y cuando estas temperaturas no excedan los 40°C ya que se prestaría a la aparición de reacciones secundarias y a cambios de viscosidad.

4. La concentración de los ácidos y su relación siempre es de gran importancia, ya que el grado de sustitución es factor de esto. Y además si hubiese demasiado ácido sulfúrico podría haber un exceso de esteres de este ácido, los que incrementan la descomposición de la nitrocelulosa.
5. La cantidad de agua en el nitrador, es como se dijo antes factor de gran influencia, reflejada en el grado de sustitución. Esta influencia se puede ver más claramente en la gráfica a continuación.



Aunque también una falta de agua sería perjudicial al proceso por no haber suficiente agua para hinchar las fibras y así facilitar el ataque de los ácidos.

De datos experimentales de distintos investigadores se han obtenido distintas relaciones que se deben guardar entre los ácidos y el agua, la relación obtenida por Saposchnikow* para obtener un alto grado de nitración es 24.29% HNO₃ + 65.80% H₂SO₄ + 9.91% H₂O, otra de las relaciones obtenida por Lunge & Beble** usada también para obtener un alto grado de ni-

* (21)

** (21)

tración es: 25.31% HNO_3 + 63.35% H_2SO_4 + 11.34% H_2O .

El consumo de los ácidos durante la nitración es conocida para varias relaciones de ácido a celulosa y para varios grados de sustitución de las pruebas de Saposchnikow.

Para la relación de celulosa a ácido de 1: 50, y grados de sustitución de 13.02 a 13.49.

Mezcla ácida antes de la nitración			Mezcla ácida después de la nitración		
% HNO_3	% H_2SO_4	% H_2O	% HNO_3	% H_2SO_4	% H_2O
20.89	70.01	9.10	16.60	71.52	11.88
23.05	68.07	8.88	18.20	69.56	12.24
21.29	68.52	10.19	16.91	60.10	13.99

Aunque una manera más fácil de controlar el % de sustitución es teniendo una mezcla de ácidos y agua que tenga 20% mol de HNO_3 + 40% mol H_2SO_4 + 20% mol H_2O , o dicho de otra manera la composición dada en porcentajes será de:

HNO_3	.....	21.8%
H_2SO_4	.....	66.0%
H_2O}	.....	12.2%

Para controlar el grado de sustitución deseado bastará con agregar agua en la cantidad necesaria, dato que se puede tomar de la gráfica de la página anterior.

El mecanismo de la reacción se supone que es primero la formación de los esteres del ácido sulfúrico y la celulosa y segundo una sustitución de los radicales del ácido sulfúrico por radicales del ácido nítrico, dando lugar a la formación del nitrato de celulosa. Se ha visto experimentalmente que durante los primeros minutos de la reacción la cantidad de esteres del ácido sulfúrico es muy grande la que va decreciendo con el tiempo de la reacción, y es eliminada completamente en el paso de estabilización por medio de los continuos lavados y hervidas, que es cuando se desprende el sulfúrico restante y los esteres de éste.

Como se dijo en páginas anteriores el grado de sustitución para una relación de celulosa a mezcla ácida dependerá del tiempo de reacción. Un ejemplo de esto son los datos experimentales obtenidos por Schiemann y Künne para una relación de ácido a celulosa de 1 : 80, tomando el tiempo desde que se vaciaba la mezcla en el nitrador hasta que la nitrocelulosa obtenida era lavada con agua y llevando la nitración a 17°C, los datos obtenidos para celulosa de Borra son como sigue:

% Nitrógeno	tiempo en minutos
12.21	1
13.24	5.5
13.49	10.5
13.58	15.5
13.62	32.0

Estas pruebas fueron hechas para una mezcla ácida de la siguiente composición:

HNO₃ 42.58 %

H_2SO_4	53.72 %
H_2O	3.72 %

Como se puede ver a estas condiciones la nitración de la celulosa de borra es extremadamente rápida hasta alcanzar un contenido de nitrógeno de 12.21 % de aquí en adelante va disminuyendo considerablemente la velocidad de la reacción.

De otros estudios acerca de la velocidad de nitración de la celulosa para fibras sin blanquear se han obtenido datos más generales.

Para fibra blanqueada			Para fibra sin blanquear		
tiempo en segundos	% N	grupos nitrato por unidad de celulosa ($C_6H_{10}O_5$)	tiempo en segundos	% N	grupos nitrato por unidad de celulosa ($C_6H_{10}O_5$)
...	...	...	15	1.53	0.2
45	3.18	0.42	45	2.11	0.27
90	3.91	0.52	90	2.71	0.35
300	5.63	0.78	300	4.55	0.61
600	7.67	1.18	599	5.86	0.82
1,800	11.07	2.00	1,800	9.08	1.49
3,600	13.85	2.89	18,000	13.80	2.87

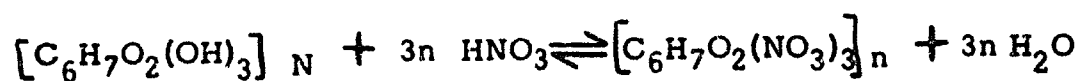
El ácido sulfúrico hace las siguientes funciones en la nitración como catalizador; 1o. forma esteres con la celulosa, los que son sustituidos posteriormente por los radicales del ácido nítrico. 2o. deshidrata la mezcla ácida, eliminando también el agua producida por la reacción de sustitución del ácido nítrico sobre la celulosa.

En el laboratorio se han usado otros deshidratantes tales como el ácido fosfórico con los que se han obtenido los más altos grados de sustitución y que además no tiene tendencia ni a esterificar ni a hidrolizar a la celulo

sa como el ácido sulfúrico, y se ha visto que usando ácido fosfórico la degradación de las fibras es veinte veces menor, por lo que se obtiene nitrocelulosa de alta viscosidad más fácilmente. Este método no ha tenido todavía una aplicación industrial en gran escala sino que se ha usado únicamente en las pruebas rigurosas de un laboratorio.

Otros deshidratantes han sido usados también, tal es el caso del anhídrido acético el que a pesar de tener una degradación muy pequeña, hace que el producto sea débil y quebradizo.

La reacción que se lleva a cabo, teniendo en cuenta que la nitración sea completa, o sea que se llegue a la obtención del trinitrato de celulosa, es la siguiente:



Centrifugación. -

Después de que se ha nitrado la celulosa se pasa esta suspensión a una centrífuga en donde es eliminado el ácido que no reaccionó durante la nitración y es mandado a la recuperación de ácidos. Una condición que debe de cumplir necesariamente esta centrífuga, es que seque la nitrocelulosa lo más rápido posible para evitar así la desnitración parcial causada por el calentamiento y la absorción de humedad del aire por la nitrocelulosa. De aquí descarga la nitrocelulosa a una pila en donde le es agregada agua para hacer fluida la masa de nitrocelulosa con un poco de ácido sobrante de la centrifugación. Este último paso es hecho manualmente.

Purificación. -

Este paso es de gran importancia ya que aquí se eliminan los esteres del ácido sulfúrico que no fueron nitrados y la mezcla ácido que quedó de la centrifugación. Estos productos, tanto los esteres como los ácidos son causa de una mayor facilidad en la descomposición de la nitrocelulosa por lo que eliminándolos se tendrá un producto más estable y de mejor calidad.

Este proceso de purificación tiene dos pasos, uno en el que se remueve el ácido sobrante, cosa que se logra por medio de lavados con agua y segundo la ebullición de la nitrocelulosa sumergida en agua, la que sirve para eliminar los sulfatos o sulfonitratos de celulosa. Este proceso dura cuarenta horas y por lo menos se le debe de cambiar el agua cuatro veces, aunque es aconsejable el cambiar esta agua cada ocho horas, para así eliminar completamente las impurezas.

El fin de este tratamiento está dado por medio de los resultados del análisis de estabilidad, cuando en el laboratorio se comprueba que ha alcanzado el grado deseado de estabilidad se continúa al siguiente paso.

En los métodos de laboratorio la nitrocelulosa después de pasar por el paso de estabilización se seca con temperatura entre 40 y 45°C, pero este procedimiento no es recomendado en la industria por el alto grado de inflamabilidad de este producto y porque industrialmente se manejan mayores volúmenes.

Después de la purificación se pasa la nitrocelulosa a un molino tipo Jordán, en donde queda convertida en pulpa con una menor longitud de fibra.

Digestión. -

La digestión de la nitrocelulosa se hace principalmente para controlar su viscosidad, esta digestión se hizo al principio en tanques de grandes dimensiones en donde ésta era tratada con agua caliente y después con agua fría por una humedad que es aproximadamente del 28%. Para una mayor deshidratación se pasa a prensas en donde le es aplicada una gran presión, la que puede ir entre 2,000 a 3,000 psi, aquí se bombea alcohol a través del bloque de nitrocelulosa para eliminar prácticamente los restos de agua, por arrastre de ésta en el alcohol, el bloque ya húmedo se pasa a una máquina desintegradora de bloques y de allí al empaque en donde en caso de ser necesario se le agregará más alcohol.

En el ejemplo arriba mencionado de deshidratación se usa alcohol, pero el tipo de solvente depende de su uso posterior, y éste es el solvente que se le agregará durante este paso.

VI. BALANCE DE MATERIALES.

Para el balance de materiales es necesario haber determinado la capacidad de la planta, por lo que fijaremos esta en 2,600 toneladas por año de nitrocelulosa húmeda, para así cumplir con la demanda del mercado nacional para los próximos tres años.

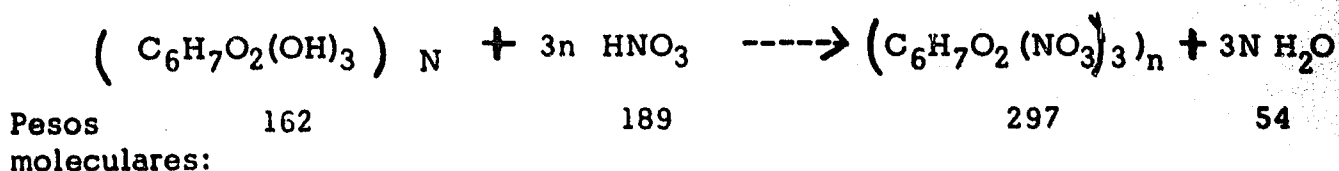
Como en promedio la nitrocelulosa tiene 30% en peso de humectante, la cantidad de nitrocelulosa seca por producirse será:

$$2,600 (0.70) = 1,820 \text{ ton/año de nitrocelulosa seca}$$

En la planta se trabajarán tres turnos durante siete días a la semana, en promedio, anualmente se trabajarán 330 días, siendo entonces la producción de nitrocelulosa seca por día de $1,820/330 = 5.52$ toneladas, siendo la producción por hora de nitrocelulosa seca de $5,520/24 = 230 \text{ Kg/hr}$.

BALANCE EN EL NITRADOR: (Base: 1 hora).

La reacción que se llevará a cabo es como sigue:



La conversión de celulosa a nitrato de celulosa es en promedio de 80%.

La relación de mezcla ácida a celulosa será de 50: 1.

La proporción de cada uno de los ácidos a la entrada del nitrador será:

HNO ₃	21.8%
H ₂ SO ₄	66.0%
H ₂ O	12.2%

La cantidad necesaria de celulosa para producir 230 Kg. de nitrocelulosa es de $230 (162)/297 (0.8) = 157$ Kg/Hr de celulosa seca por lo que la cantidad de mezcla ácida será de: $157 (50) = 7,850$ Kgs.

La que estará compuesta por:

HNO ₃	7850 (0.218)	=	1,711.30	Kg.
H ₂ SO ₄	7850 (0.660)	=	5,181.00	Kg.
H ₂ O	7850 (0.122)	=	<u>957.70</u>	<u>Kg.</u>
			7,850.00	Kg.

La cantidad de agua producida por la reacción será: $230 (54)/(97) = 41.8$ Kg.

Agua que entra con la celulosa: $157(0.006) = 0.94$ Kg.

Acido nítrico consumido: $230(189)/297 = 146$ Kg.

Acido sulfúrico consumido: Es cero ya que actua unicamente como catalizador y deshidratante.

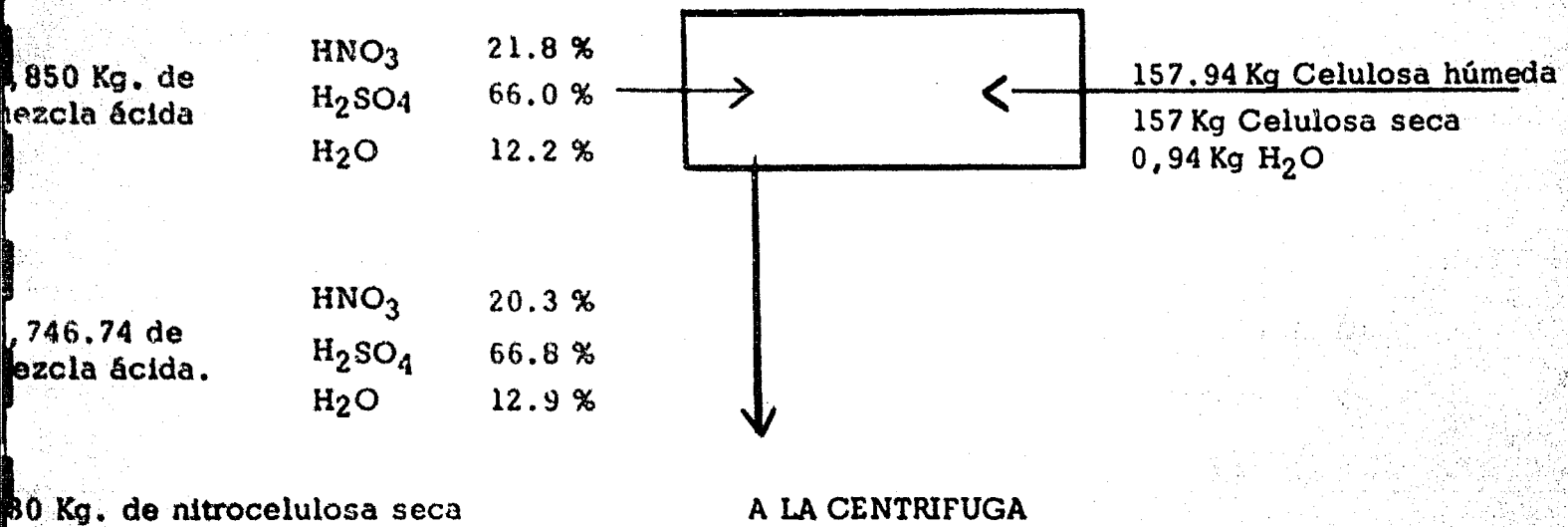
La composición a la salida del nitrador será de:

HNO ₃	1,711.30 - 146.0	=	1,565.30	Kg.
H ₂ SO ₄			5,181.00	Kg.
H ₂ O	957.70 - 41.8 - 0.94	=	<u>1,000.44</u>	<u>Kg.</u>
			7,746.74	Kg.

La composición en por ciento de cada uno de los componentes de la mezcla a la salida del nitrador será:

HNO ₃	$1,565.3(100) / 7,746.74$	=	20.3 %
H ₂ SO ₄	$5,181.0(100) / 7,746.74$	=	66.8 %
H ₂ O	$1,000.44(100)/7,746.74$	=	<u>12.9 %</u>
			100.00 %

Diagrama:



Balance en el secador:

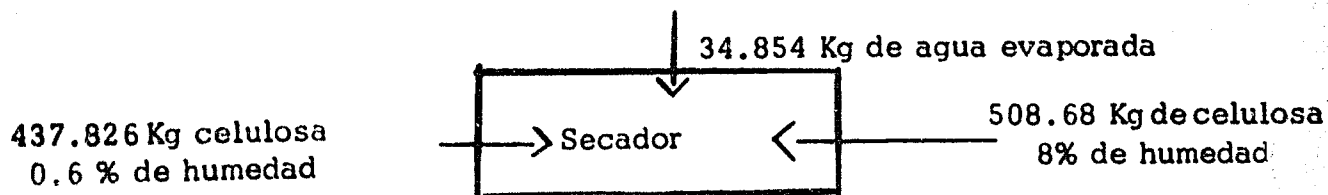
El secador trabajará únicamente ocho horas por día, ya que no tiene caso el hacerlo trabajar continuamente puesto que nuestro proceso es intermitente. Por lo que la producción de celulosa seca por hora deberá ser: $157(3) = 471 \text{ Kg/Hr.}$

Teniendo una humedad base seca a la entrada de 8% y de 0.6% a la salida.

$$\text{Agua que entra con la celulosa} \quad 471(0.08) = 37.86 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua que sale con la celulosa} \quad 471(0.006) = 2.826 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua evaporada} \quad 37.86 - 2.826 = 34.854 \text{ Kg.}$$



Balance en la centrífuga:

En esta centrífuga se separarán los ácidos que quedaron después de la nitración, de acuerdo con la centrífuga usada se podrá separar el 70% de los ácidos.

Ácidos que arrastra la celulosa 7,746.74 (0.30) = 2,324.00 Kg

Ácidos mandados a regeneración:

HNO ₃	(20.3%)	1,100.8 Kg
H ₂ SO ₄	(66.8%)	3,622.4 Kg
H ₂ O	(12.9%)	699.54 Kg

Total de ácidos a regeneración: 5,422.74 Kg

Balance en la sección de regeneración:

	ACIDOS QUE VIENEN DE CENTRIFUGA (Kg)	ACIDOS NECESARIOS PARA NITRAR (. Kg)	## ACIDOS ADICIONA- DOS EN REGENERA- CION (Kg)
HNO ₃	1,100.8	1,711.3	610.5
H ₂ SO ₄	3,622.4	5,181.0	1,558.6
H ₂ O	699.54	957.7	258.16
TOTAL	5,422.74	7,850.0	2,427.26

##: Este será el ácido consumido para producir 230 Kg de nitrocelulosa seca.

Los consumos unitarios de ácidos y agua, por kilogramo de nitrocelulosa humectada son como sigue:

HNO ₃	: 610.5/385	= 1.60 Kg
H ₂ SO ₄	: 1,558.0/385	= 4.10 Kg
H ₂ O	: 258.0/385	= 0.665 Kg

A continuación aparece el consumo unitario de celulosa de borra por kilo de nitrocelulosa humectada: $157/385 = 0.408 \text{ Kg}$

Balance en el Tanque de Dilución T-1. -

En esta tina se le agregará agua a la nitrocelulosa que viene con el residuo de mezcla ácida, para bajar su consistencia a un 3.5% y hacerla fluida de esta manera.

Líquido necesario para fluidizar 230 Kg de Nitrocelulosa $230/.035 = 230 \times 30 = 6,350 \text{ Kg}$	
Líquido que trae la nitrocelulosa	<u>2,324 Kg</u>
Agua que será necesario agregar	4,026 Kg

Balance en el Filtro Lavador DL-1. -

La alimentación de agua en estos aparatos proviene de dos fuentes, una es la que se agrega directamente sobre la pila para bajar la consistencia de la pasta para tener un filtrado y lavado más eficiente, mientras que la otra será suministrada por una boquilla, la que lavará a la pulpa directamente sobre el tambor, la cual no va a la pileta y por lo tanto no altera la consistencia de la pulpa. Estas boquillas tienen una eficiencia del 70%, o dicho de otra manera, para eliminar el ácido que contiene la pulpa será necesario agregar más agua.

Líquido necesario para tener 230 Kg de nitrocelulosa con una consistencia del 1%: $230/0.01 = 230 \times 100 = 22,770 \text{ Kg}$	22,770
Agua que trae la nitrocelulosa del tanque T-1	<u>6,350</u>
	16,420 Kg

Acidos con la pasta al 3.5% de consistencia:

Mezcla ácida (36.7%)	2,324 Kg	Agua (63.3%)	4,026 Kg
----------------------	----------	--------------	----------

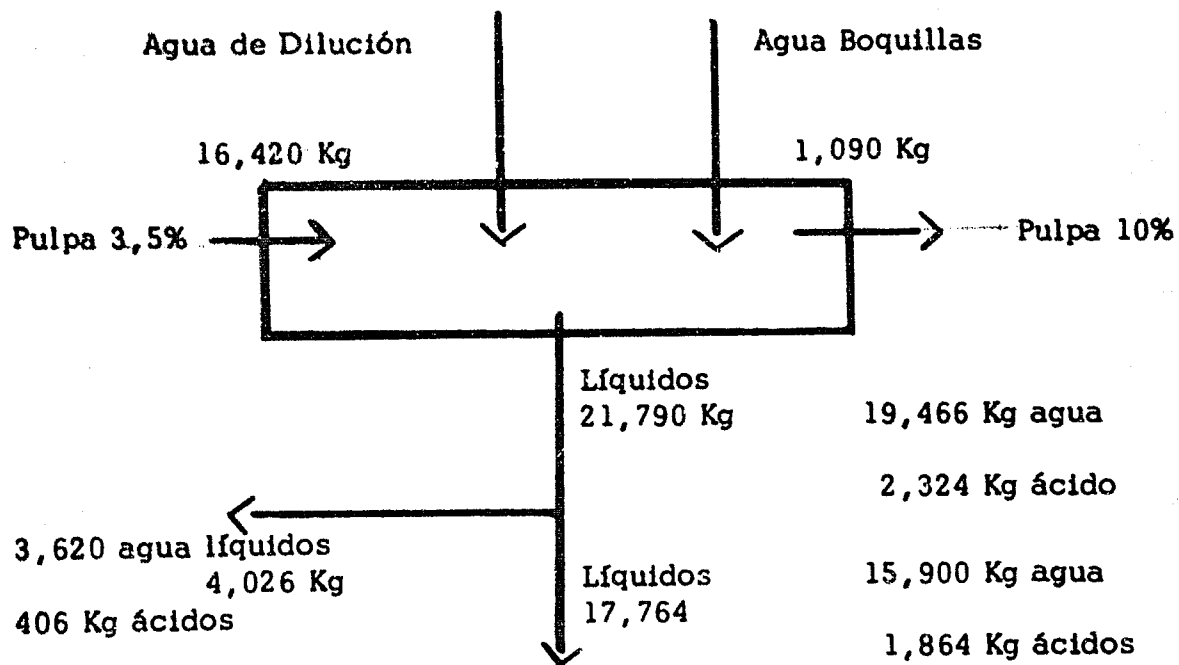
Acidos con pasta al 10% de consistencia:

Mezcla ácida (36.7%) Agua (63.3%)

759.64 1,310.36

El valor que se usará para la cantidad de agua en la boquilla, es la cantidad de mezcla ácida en una pulpa con 10% de consistencia, ya que es la que existe sobre el filtro (tambor).

El agua que se agregará por la boquilla es: $759.64/0.7 = 1,090$ Kg agua



Esta bifurcación del drenaje tiene como objeto el alimentar de aquí el líquido necesario al tanque de dilución.

Balance en los Tanques D-11 a D-14. -

Hay que diluir de consistencia 10% a consistencia 3,5%	3,5%	
Agua necesaria para consist. 3,5%	6,350	Kg
Agua que trae la pasta al 10% consist.	<u>2,070</u>	<u>Kg</u>
	4,280	Kg

Los balances de aquí en adelante hasta el Tanque T-7 serán iguales ya que se repetirá la misma operación varias veces. El balance en T-7 cambiará ya que la consistencia deberá de ser menor en esta sección, por ser este un requerimiento de operación del Jordan.

Balance en el Tanque de Dilución T-7:

Agua que necesita la pulpa para tener el 3% de consistencia	7,340
Agua que trae consigo la pulpa al 10%	<u>2,070</u>
Agua por agregar en T-7	5,360 Kg

El agua por agregar en T-7 será suministrada por el drenaje de DL-7, aunque esta no será suficiente para suministrar a T-7 y a DL-6, por lo que la diferencia deberá de ser eliminada con agua fresca:

Agua necesaria para T-7		5,360
Agua que sale por el drenaje de DL-7	21,790	
Agua usada por DL-6	<u>17,510</u>	
Agua disponible para T-7	4,280 Kg	<u>4,280</u>
Agua fresca por agregar a T-7		1,080 Kg
Balance total de agua:		
Agua agregada a DL-7		15,340

Agua agregada a T-7	1,080
Agua agregada en regeneración	<u>258</u>
TOTAL de agua fresca usada	16,678 Kg

El consumo unitario de agua por kilogramo de nitrocelulosa humectada será de $16,678/385 = 43.6$ Kg.

Balance en la sección de bombeo de alcohol. -

El alcohol por agregar será el 30% en peso de la nitrocelulosa húmeda, cantidad que es igual a: $230/.7 - 230 = 98.4$ Kg de alcohol etílico .

El consumo unitario de este será: $98.4/385 = 0.3$ Kg.

CONSUMOS UNITARIOS DE LAS MATERIAS PRIMAS POR TONELADA DE NITROCELULOSA HUMECTADA:

Acido nítrico	1,600 Kg
Acido sulfúrico	4,100 Kg
Agua	43.6 M ³
Carbonato de sodio	50 Kg
Alcohol etílico	300 Kg
Celulosa de Borra	308 Kg

VII. EVALUACION DEL PROYECTO.COSTO DEL EQUIPO PRINCIPAL*

Clave	Descripción	Dimensiones	Materiai de Construcción	Costo del equipo En dólares (1954)
TA-1	Tanque de almace namiento de H ₂ SO ₄	170 M ³	Acero Inoxidable	30,000
TA-2	Tanque de almacena miento de HNO ₃	80 M ³	Acero Inoxidable	20,000
TM-1	Tanque mezclador de ácidos, con agitación	1.5M ³	Acero Inoxidable	2,000
N-1	Nitrador	200 Gal	Acero Inoxidable	3,200
N-2	"	"	" "	3,200
N-3	"	"	" "	3,200
N-4	"	"	" "	3,200
S-1	Secador de celulosa	7 m (long) 1.2 m (diam)	Acero	11,500
C-1	Centrífuga secadora tipo Batch	20 " (diam)	Acero Inoxidable	10,000
C-2	"	"	" "	10,000
T-1	Tanque dilución con agitación	1M ³	Acero	450
TP-1	Tanque almacén pasta	12M ³	Acero	2,200
DL-1	Filtro-Lavador tipo Oliver		Acero	18,000
DL-2	"		" "	18,000

* (33), (29)

Clave	Descripción	Dimensiones	Material de Construcción	Costo del equipo En dólares (1954)
DL-3	Filtro-lavador tipo Oliver		Acero	18,000
DL-4	"		"	18,000
DL-5	"		"	18,000
DL-6	"		"	18,000
DL-7	"		"	18,000
T-2	Tanque dilución con agitación	1 M ³	Acero	450
D-11	Tanque Purificación con agitación	12M ³	Acero	2,200
D-13	Tanque purificación con agitación	12M ³	Acero	2,200
D-14	"	"	"	2,200
D-2	"	48M ³	"	4,000
D-3	"	"	"	4,000
D-4	"	"	"	4,000
D-51	"	24M ³	"	3,000
D-52	"	"	"	3,000
DC-1	Digestor Continuo con 2" (diam) Chaqueta y aislante 3,000 FT		Acero Inoxidable 316	12,000
J-1	Refinador Cónico tipo Jordan		Acero	8,600
T-3	Tanque dilución con agitación		Acero	450

Clave	Descripción	Dimensiones	Material de Construcción	Costo del equipo En dólares (1954)
P-1	Prensa	250 psi		4,500
B-1	Bomba del digestor continuo	100 GPM	Acero	400
TO-1	Tolva	1 M ³	Acero	650
TOTAL				384,400 Dlls.

Para actualizar esta cantidad, la multiplicaremos por el cociente de los índices correspondientes al año actual entre el año en que se estimó el equipo, $(248/187 = 1.325)$, multiplicando el total del costo del equipo por este cociente, nos daría el precio actual del equipo en los Estados Unidos, que fue en donde se hizo la estimación, por lo que será necesario agregarle un 15% que es en promedio lo que aumenta el costo del equipo en México. Esta cantidad será el costo del equipo en México, en este año, pero en dólares, por lo que será necesario transformarlo a moneda nacional.

$$\text{COSTO DEL EQUIPO PRINCIPAL} = (384,400) (1.325) (1.15) (12.50) = 7,321,619$$

CALCULO DE LA INVERSION FIJA *

	<u>En miles de pesos</u>
Costo del Equipo Principal	7,321
Costo de Instalación (43%)	3,148
Costo de Tuberías (14%)	1,025
Costo de Instrumentos (5%)	366
Costo de Aislantes (2%)	146
Costo del Equipo Eléctrico 8 10%)	732
Costo Instalado de Servicios (25%)	1,830
Terreno 10,000 M ² (50 \$/M ²)	500
Construcción Planta y Almacén 2,500 M ² (500\$/M ²)	1,250
Laboratorio y Oficinas 150 M ² (800 \$/M ²)	120
Acondicionado Patio 1,000 M ² (60 \$/M ²)	60
	<hr/>
COSTO FISICO DE LA PLANTA	16,500
Ingeniería (15%)	2,475
Contratista (5%)	825
	<hr/>
COSTO DIRECTO DE LA PLANTA	19,800
Contingencias (10% Aproximado)	2,000
	<hr/>
INVERSION FIJA	21,800

Costo de Producción, -

1. - Bases:

- a) Los consumos de las materias primas están tabulados al final del balance de materiales.
- b) El consumo de vapor será de 7.7 lb vapor/Kg de nitrocelulosa húmeda.
- c) El consumo de energía eléctrica será de 0.508 KWH por kilo de nitrocelulosa húmeda.
- d) Mano de obra directa 10 obreros/turno, pero como se trabajarán tres turnos, deberá de haber más obreros para no parar en día a la semana por descanso, o sea, habrá en total 40 obreros.
 $(40) (8) / 7.75 = 41.3 \text{ Hr-Hmb./Ton. nitrocelulosa húmeda.}$
- e) Supervisión, habrá 4 jefes de turno y 8 supervisores.
- f) Mantenimiento, 2% de la inversión fija por año.
- g) Envase, el precio del tambor es de 10 pesos, y la cantidad de nitrocelulosa húmeda que contiene un tambor en promedio (alta viscosidad y baja viscosidad) es de $(103.87 - 87.54) / 2 = 95.7 \text{ Kg de nitrocelulosa húmeda por tambor.}$ O sea que para una tonelada de nitrocelulosa húmeda se necesitarán,
 $1000 / 95.7 = 10.2 \text{ tambores.}$
- h) Laboratorio, 1 analista por turno lo que equivale a 3.1 hrs. hombre por tonelada.

- i) Seguros, serán iguales al 1% de la inversión fija (anualmente).
- j) Impuestos y Prestaciones, 1% de la inversión fija (anual).
- k) Depreciación, será lineal, de 10 años para el equipo y de 20 años para los edificios.
- l) Consideramos que los siguientes conceptos aumentan cada dos años el porcentaje abajo anotado:

Mano de Obra	10%
Supervisión	10%
Mantenimiento	10%
Laboratorio	10%
Impuestos y Prestaciones	3%

- m) Los sueldos en la planta serán:

Obreros	25\$/día
Supervisores	35\$/día
Jefe de Turno	50\$/día
Analista	2,000\$/mes

Cálculo del costo de Producción por Tonelada*.-

Concepto	Consumo en Unidades/ton N.C.	Precio por Unidad	Costo por tonelada	Cargos anuales
Materias Primas				
HNO ₃	1,600 Kg	2.15	3,440	
H ₂ SO ₄	4,100 Kg	0.355	1,460	

Concepto	Consumo en Unidades/ton N.C.	Precio por Unidad	Costo por tonelada	Cargos anuales
Na_2CO_3	50 Kg	0.95	48	
$\text{C}_2\text{H}_5\text{-OH}$	300 Kg	4.0	1,200	
celulosa	408	3.49	<u>1,420</u>	
			7,568	
Servicios				
vapor	7,700 lb	0.015	116	
agua	43.6 M ³	0.5	22	
electricidad	508 KWH	0.25	<u>127</u>	
			265	
Envases	10.2	10.0	102	
SUB TOTAL			8,235	
Mano de Obra				365,000
Supervisión				175,200
Mantenimiento				426,000
Laboratorio				72,000
Seguros				217,800
Impuestos y Prestaciones				217,800
Depreciación				
Equipo				732,162
Edificios				<u>102,000</u>
SUB TOTAL				\$ 2,307,962

* (Costos dados en Pesos M.N.)

AÑO	COSTO DE PRODUCCION	
	1969	1970
% De la Capacidad	50 %	75 %
Toneladas de Nitrocelulosa Húmeda	1857	2780

COSTOS

Materias Primas

Acido Nítrico	6,317	9,563
Acido Sulfúrico	2,716	4,059
Carbonato de Sodio	89	133
Alcohol Etílico	2,232	3,336
Celulosa de Borra	2,641	3,940

Total Materias Primas

13,995 21,039

Servicios

Vapor	216	322
Agua	41	61
Energía Eléctrica	236	353

Envase

190 284

SUB TOTAL

14,678 22,059

INVENTARIOS

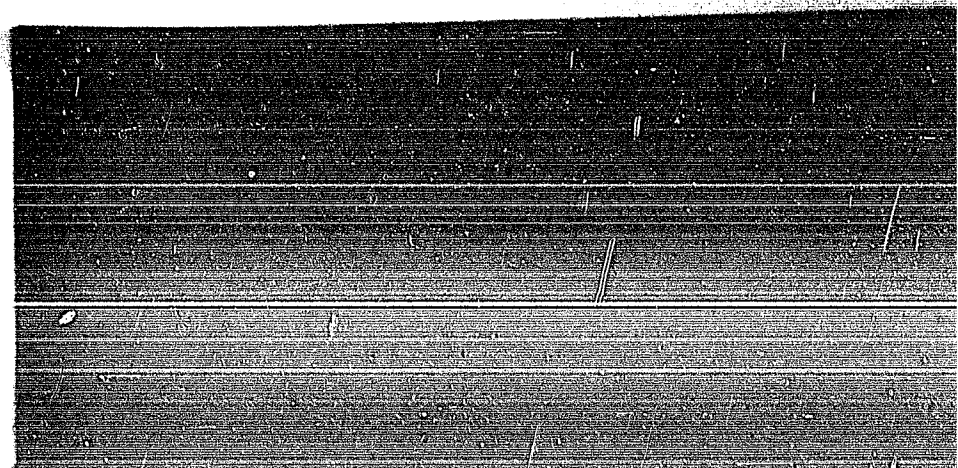
Materia Prima	217	329	439	395
Celulosa	241	329	439	395
Envases	3.7	5.5	7.3	6.6

..

COSTO DE PRODUCCION

	1969	1970	1971	N.N.O.
	50 %	75 %	100%	90 %
eda	1857	2780	3714	3340
	6,317	9,563	12,776	11,490
	2,716	4,059	5,422	4,876
	89	133	178	160
	2,232	3,336	4,457	4,008
	2,641	3,948	5,274	4,743
	13,995	21,039	28,107	26,277
	216	322	431	387
	41	61	82	73
	236	353	528	474
	190	284	379	341
	14,678	22,059	29,527	26,552

329 439 395
 329 439 395
 5.5 7.3 6.6



	1969	1970	1
Seguros	217.8	217.8	2
Impuestos y Prestaciones	217.8	217.8	2
Depreciación			
Equipo	732.2	732.2	7
Edificios	102.0	102.0	1
Mano de Obra	365	365	4
Supervisión	175.2	175.2	1
Mantenimiento	426	426	4
Laboratorio	72	72	
SUB TOTAL	2,308.0	2,308.0	2,4
COSTO TOTAL DE PRODUCCION	16,986.0	24,367.0	31,9

NOTA: Las cantidades anotadas en esta tabla están dadas en miles de pesos.

INVENTARIOS

Materia Prima	217	329	439	395
Celulosa	241	329	439	395
Envases	3.7	5.5	7.3	6.6

1969	1970	1971	N.N.O.
217.8	217.8	217.8	217.8
217.8	217.8	224.4	224.4
732.2	732.2	732.2	732.2
102.0	102.0	102.0	102.0
365	365	401.5	401.5
175.2	175.2	192.7	192.7
426	426	468.6	468.6
72	72	79.2	79.2
2,308.0	2,308.0	2,418.4	2,418.4
16,986.0	24,367.0	31,945.4	28,970.4

en esta tabla están dadas en miles de pesos.

329 439 395

329 439 395

.7 5.5 7.3 6.6

..

Capital de Trabajo. -**1. - Bases:**

- a) Los inventarios de materia prima, excluyendo a la celulosa, serán de una semana en promedio, ya que son materiales fáciles de conseguir.
- b) El inventario de la celulosa de borra será de un mes, ya que su lugar de fabricación es muy lejano a la planta.
- c) El inventario de envases será de una semana.
- d) El inventario de producto terminado será de una semana, para evitar así el tener un gran número de polvorines.
- e) El efectivo mínimo será igual a 10 días de desembolsos.
- f) Las cuentas por pagar serán el promedio de 60 días, de la compra de materia prima y envases. (son 60 días en promedio ya que el sistema de pagos es generalmente de 30, 60 y 90 días).
- g) Las cuentas por cobrar serán en promedio 60 días de la venta neta por las razones antes expuestas.

2. - Cálculos:

	1969	1970	1971	NNO
Inventarios				
Materia Prima	217	329	439	395
Celulosa	241	329	439	395
Envases	3.7	5.5	7.3	6.6

	1969	1970	1971	NNO
Producto Terminado	318	468	619	558
Efectivo Mínimo	450	658	875	788
Cuentas por cobrar	3,240	4,842	6,469	5,817
(-)Cuentas por pagar	2,370	3,554	4,748	4,270
CAPITAL DE TRABAJO	2,099.7	3,077.5	4,100.3	3,689.6

NOTA: Las cantidades están dadas en miles de pesos.

Financiamiento. -

- 1.- Se conseguirá como financiamiento una cantidad igual a la inversión total del primer año de operación, o sea 23,879 miles de pesos.
- 2.- Para lo cual se emitirán 16,000 acciones con un valor nominal de \$1,000.00
16,000 miles de pesos
- 3.- Obteniendo un préstamo bancario por el resto del dinero, dicho préstamo sería a ocho años con el 12 % de interés anual.
7,879 miles de pesos
- 4.- Las anualidades por pagar al banco serían de:

$$A = 7,879/4,968 = 1,585 \text{ miles de pesos, lo que estaría re-}$$

partido en interés y pago de principal, de la siguiente manera:

AÑO	PAGO DE PRINCIPAL	PAGO DE INTERES	SALDO DE LA DEUDA
1969	639	945	7,240
1970	716	868	6,524
1971	802	782	5,722

NOTA: Las cantidades anotadas en la tabla están dadas en miles de pesos.

Resultados Financieros. -

a. Reducción de Venta Bruta a Venta Neta.

Impuestos sobre Ingresos mercantiles	3% V. Bruta
Descuentos y Bonificaciones	<u>2% V. Bruta</u>
REDUCCION TOTAL	5% V. Bruta

Lo que equivale a decir que la venta neta es el 95% de la venta bruta. $Venta\ Neta = 0.95\ Venta\ Bruta.$

b. Gastos de Administración y Ventas.

Un factor que fija estos gastos es el número de clientes, el número de clientes para este producto será aproximadamente unos cincuenta, por lo que es necesario el siguiente personal:

<u>Número</u>	<u>Puesto</u>	<u>Sueldo Anual</u>
1	Gerente	120,000
3	Agentes	144,000
3	Secretarias	54,000
1	Ayudante	12,000
4	Veladores	48,000

Otros factores intervienen también para determinar estos gastos, son: Número de obreros y empleados, dificultad de adquisición de las materias primas, entre otros; lo que nos ayudará a fijar los gastos de departamentos tales como compras, personal, y contabilidad.

<u>Número</u>	<u>Departamento</u>	<u>Puesto</u>	<u>Sueldo Anual</u>
1	Compras	Jefe de Compras	60,000
1	Compras	Secretaria	18,000
1	Personal	Jefe de Personal	48,000
2	Contabilidad	C.P.T.	120,000
1	Contabilidad	Secretaria	18,000
1	Contabilidad	Ayudante	12,000
TOTAL DE LA FUERZA DE TRABAJO			\$ 654,000

Generalmente la fuerza de trabajo es el 70% de los gastos de administración y ventas, ya que el resto es por trámites legales tales como audirotías. Por lo que los gastos serían:

Gastos de Administración y Ventas: $654.000/7 = 934,285$

Los gastos de administración y ventas aumentarán el 10% cada dos años, por haber aumentps de sueldos.

Los gastos de administración y ventas para los 3 primeros años de operación serán:

	1969	1970	1971	NNO
G.A.V.	934.3	934.3	1027.7	1027.7

Cantidades en miles de pesos.

C.- La inversión Fija aumentará 1% anualmente debido a mejoras y refacciones del equipo.

ESTADO DE PERDIDAS

Ventas Bru

Ventas Net

Costo de l

Utilidad Br

Gastos de

Utilidad di

Intereses

Utilidad G

Impuesto

UTILIDAD

INVERSION

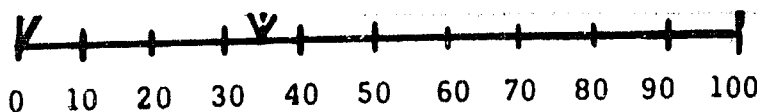
Inversión :

Capital de

INVERSION

RENTABILIDAD (%)

NOTA: Las cantidad



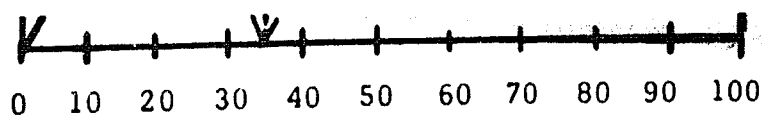
% de la Capacidad

N.N.O.

RESULTADOS FINANCIEROS

	1969	1970
ESTADO DE PERDIDAS Y GANANCIAS		
Ventas Brutas	20,460	30,580
Ventas Netas	19,437	29,051
Costo de lo Vendido	16,986	24,367
Utilidad Bruta	2,451	4,684
Gastos de Admon. y Ventas	934	934
Utilidad de Operación	1,517	3,750
Intereses	946	869
Utilidad Gravable	571	2,881
Impuesto	165	1,115
UTILIDAD NETA	406	1,766
INVERSION		
Inversión Fija	21,780	21,998
Capital de Trabajo	2,099	3,077
INVERSION TOTAL	23,879	25,075
RENTABILIDAD (%)	1.7	7.1

NOTA: Las cantidades están dadas en miles de pesos.



% de la Capacidad

N.N.O.

RESULTADOS FINANCIEROS

1969	1970	1971	NNO
20,460	30,580	40,854	36,740
19,437	29,051	38,811	34,903
16,986	24,367	31,945	28,970
2,451	4,684	6,866	5,933
934	934	1,028	1,028
1,517	3,750	5,738	4,905
946	869	783	869
571	2,881	4,955	4,036
165	1,115	1,985	1,595
406	1,766	2,970	2,441
21,780	21,998	22,218	21,998
2,099	3,077	4,100	3,689
23,879	25,075	26,318	25,687
1.7	7.1	11.4	9.5

SOS.

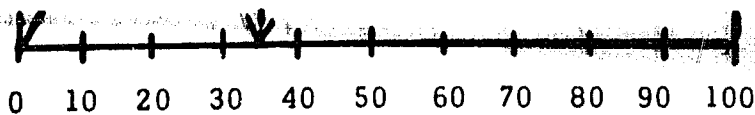
00 90 100

de la Capacidad

N.N.O.

RESULTADOS FINANCIEROS (CONTINUACION)

	1969	1970
BALANCE DE EFECTIVO		
Utilidad Neta	406	1,766
Depreciación	834	834
TOTAL ENTRADAS	1,240	2,600
Aumentos de Activo Fijo	0	218
Aumentos Capital de Trabajo	0	978
Pagos de Principal	639	716
Disponible para Dividendos	480	640
Efectivo en Exceso	121	48
TOTAL SALIDAS	1,240	2,600
UTILIDAD NETA POR ACCION (%)	2.5	10.9
POSIBLE DIVIDENDO POR ACCION (%)	3	4



% de la Capacidad

N.N.O.

ESTADOS FINANCIEROS (CONTINUACION)

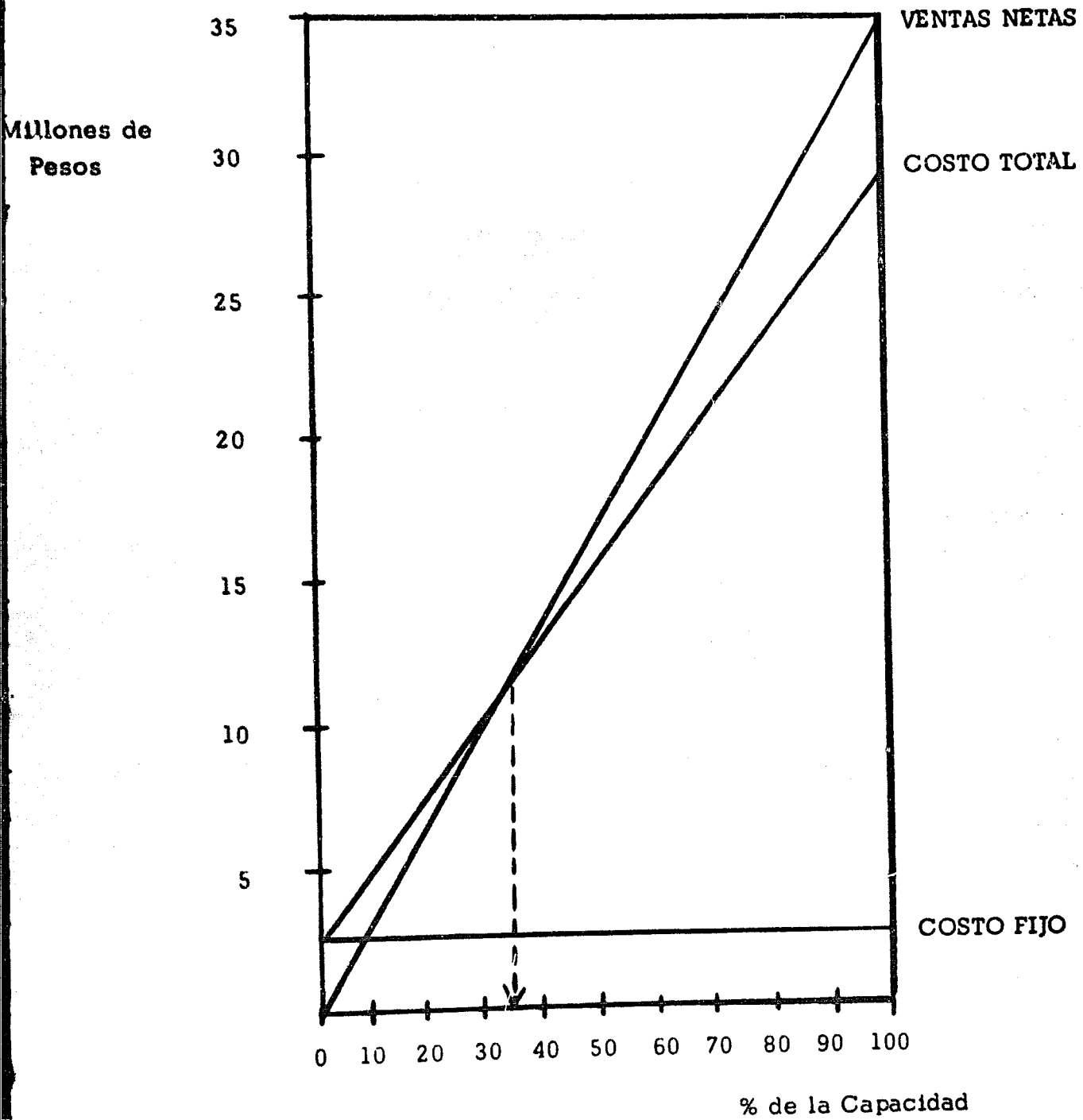
	1969	1970	1971	NNO
	406	1,766	2,970	
	834	834	834	
	1,240	2,600	3,804	
	0	218	220	
	0	978	1,023	
	639	716	802	
	480	640	1,600	
	121	48	159	
	1,240	2,600	3,804	
	2.5	10.9	18.5	
	3	4	10	

70 80 90 100

% de la Capacidad

N.N.O.

GRAFICA DEL PUNTO DE EQUILIBRIO



N.N.O.

VII. CONCLUSIONES .

1. La rentabilidad obtenida a nivel normal de operación (9.5 %) no es muy buena, ya que este mismo porcentaje se podría obtener en la compra de valores de renta fija en los cuales hay menos riesgo.
2. El punto de equilibrio de esta planta, o sea el punto en que se operaría a una mínima capacidad de la planta sin pérdidas, es el 35%, cifra que nos disminuye los riesgos por ser razonablemente baja.
3. El porcentaje que se pagaría como dividendo a los accionistas, cuando se esté trabajando a capacidad es bueno (10%).
4. De el análisis financiero vemos que con la producción de nitrocelulosa, no se obtendrán utilidades exageradamente altas, pero si aceptables. Ayudando con la producción de este producto a mejorar la Economía Nacional, inclinando favorablemente la balanza de pagos, al evitar la salida de divisas al extranjero.

BIBLIOGRAFIA

1. Anuario estadístico de comercio exterior de los Estados Unidos Mexicanos
Dirección General de Estadísticas, Secretaría de Industria y Comercio
1957 a 1965
2. Guía de la Industria Química
Editorial Cosmos
México, D.F. 1965
3. Información sobre la Industria Química Mexicana para la II Reunión Sectorial de la ALALC.
Julio 1965
4. Plastics Theory and Practice
Winding & Hasche, 1a. Edición
Mc Graw Hill, N.Y. 1947
5. Tratado General de Plásticos
Simmons, Weith & Bigelow
II Tomo, 1a. Edición en Español
Edit. Reverté, Barcelona 1953
6. Plásticos, su Estudio Científico y Tecnológico
Edit. Reverté, Barcelona
7. Plastics in Engineering
Delmonte, 2a. Edición
Machine design series
Cleveland, Ohio 1953
8. Plásticos Modernos
H. Bardon
1a. Edición Española de la 2a. Edición Inglesa
Edit. Gustavo Gili, Barcelona 1952
9. Acabados Orgánicos Modernos
Wampler, 2a. Edición en Español
Editorial Aguilar, Madrid 1956
10. Fibras Artificiales
R.W. Moncrieff
Editorial Manuel Marín y Cía.
Barcelona, 1953

11. Introducción al Acabado Textil
J.T. March, 1a. Edición en Español
Edit. Reverté, Barcelona
12. Materias Primas Textiles
K. Schuster
Edit. Montesó
Barcelona - Buenos Aires 1957
13. Pulp & Paper
Casex Vol. II, 1a. Edición
Interscience, N.Y. 1952
14. Polymers & Resins
Golding
N.Y.
15. Organic Coating Technology
Payne Vol I, 1a. Edición
John Wiley, N.Y. 1954
16. Tintura de las Fibras Textiles
Horseall - Lawrie, traducción de la 2a. edición inglesa
Edit. Montesó
Barcelona - Buenos Aires 1956
17. Industrial Printing Incs.
Lois M. Larsen
N.Y.
18. Tecnología Química de los Barnices y Pinturas
A. Campins, 1a. Edición
Edit. Reverté
Barcelona 1951
19. Memoria Estadística de la Asamblea Anual Ordinaria de
la Cámara Nacional de las Industrias del Papel
México, D.F. 1965
20. Folleto para Compradores de Nitrocelulosa de E.I. Du Pont
de Nemours & Co. Chemical Product Sales Division,
Explosives Department
Wilmington, Delaware

21. **Celulose Chemistry**
Emil Heuser, 2a. Edición
John Wiley & Sons, N.Y.
22. **Industrial Chemicals**
Faith, Keyes & Clark
N.Y.
23. **Chemical Process in Industries**
R. Morris Shreve
Mc Graw Hill , N.Y.
24. **Enciclopedia of Chemical Technology**
Interscience Enciclopedia Inc.
3rd Edition
25. **Publicaciones sobre Explosivos de la Sección Sexta del**
Estado Mayor de la Sría. de la Defensa Nal. 1966
26. **Nitrocelulose, Chemical and Phisical Properties**
Hercules (Folleto Compradores).
27. **Quimiconoticias**
Organo de la Asociación Nacional de la Ind. Química
28. **Revista "Chemical Abstracts".**
29. **Chemical Engineering Cost Estimation**
Aries & Newton
Mc Graw Hill, N.Y.
30. **Wood Chemistry**
Wise, Reinhold Publishing Corp.
N.Y.
31. **The Chemistry of Cellulose and Wood**
N.I. Niditin
Israel, Jerusalem 1966
32. **Unit Operations of Chemical Engineering**
Mc Cabe and Smith
Mc Graw Hill, N.Y.
33. **Datos de Costo de algunos Artículos de Proceso para Plantas**
Químicas, Fabricados en México
Ingh. López R. y A. Contrini B.
ITESM 1965

34. Process Engineering Economics
Scweyer
Mc Graw Hill, N.Y.
35. Chemical Process Principles
Hougen, Watson & Ragatz
Part 1, 2nd Edition
36. Problems on Thermodynamics
Faires, Brewer & Simmang
4th Edition
N.Y.
37. Curso General de Química
Ignacio Puig S.J.
11a Edición
México, D.F.
38. Chemical Engineer Handbook
John Perry, 3rd Edition
Mc Graw Hill, N.Y.
39. Chemical Business Handbook
John Perry, 2nd Edition
Mc Graw Hill, N.Y.

Investigación Directa en:

40. Asociación Nacional de la Industria Química
41. Química Hércules, S.A.
42. Du Pont, S.A.
43. Asociación Nacional de Fabricantes de Pinturas y Tintas, A.C.
44. Sección VI del Estado Mayor de la Defensa Nacional
45. Celanese Mexicana
46. Cámara Nacional de las Industrias del Papel
47. Cámara Nacional de la Industria de Transformación

INDICE

	pag.
I. INTRODUCCION	1
II. INVESTIGACION DE MERCADO	
Consumo de la Nitrocelulosa	4
Consumidores	5
Distribución del Consumo en la República Mexicana	7
Productores e Importadores	8
Tendencia del Precio de la Nitrocelulosa	9
Envase Comercial de la Nitrocelulosa	10
Materias Primas, Disponibilidad y Precios	11
A) Celulosa de Borra	11
B) Acido Nítrico	12
C) Acido Sulfúrico	13
Reglamentación de la Secretaría de la Defensa	
Nacional para la Producción y Almacén de Nitrocelulosa	15
Localización de la Planta	16
III. PROPIEDADES PRINCIPALES	18
Grado de Sustitución	18
Clasificación	20
Solubilidad	22
Estabilidad	23
Propiedades Físicas, Químicas y Mecánicas	24
IV. EMBARQUE, EMPAQUE, MANIPULACION, Y NORMAS DE SEGURIDAD	26
Empaque	26
Etiquetado	26
Embarque	26
Manipulación y Almacenamiento	27
Normas de Seguridad en el Almacenamiento	29
Medidas preventivas para combatir el fuego	30
V. DESCRIPCION Y SELECCION DEL PROCESO	33
Secado de la celulosa de Borra	35
Nitración de la celulosa	36

	pag.
Centrifugación	41
Purificación	42
Digestión	43
VI. BALANCE DE MATERIALES	44
Consumos unitarios de Materias Primas	51
VII. EVALUACION DEL PROYECTO	52
Costo del equipo principal	52
Cálculo de la Inversión fija	55
Costo de producción	56
Capital de Trabajo	61
Financiamiento	62
Resultados Financieros	63
VIII. CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68