

300618

20

2ej



UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

**EVALUACION TECNICO - ECONOMICA PARA LA
FABRICACION DE ACIDO SORBICO
EN MEXICO**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
FRANCISCO JOSE RUIZ DE HUIDOBRO GARZA RAMOS

DIRECTOR DE TESIS I. Q. FERNANDO GARCIA MATA

MEXICO D. F.

1992



Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

INDICE

INTRODUCCION	VI
CAPITULO I	
CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO	1
1.1 ESTRUCTURAS CARACTERISTICAS	1
1.2 PROPIEDADES FISICAS	2
1.3 PROPIEDADES QUIMICAS	5
1.3.1 REACCIONES DEL DOBLE ENLACE CONJUGADO	5
1.3.2 REACCIONES DEL GRUPO CARBOXILICO	7
1.4 ESPECIFICACIONES	8
1.5 USOS Y APLICACIONES	10
1.5.1 CARACTERISTICAS DEL ACIDO SORBICO COMO AGENTE CONSERVADOR	10
1.5.2 CRITERIOS BASICOS DE APLICACION	11
1.5.3 DERIVADOS DEL ACIDO SORBICO	12
1.5.4 EFECTOS FISIOLÓGICOS	14
1.6 SUSTITUTOS	15
1.6.1 ACIDO BENZOICO Y BENZOATOS	15
1.6.2 ACIDO ACETICO Y ACETATOS	16
1.6.3 PARABENOS	16
1.6.4 ACIDO PROPIONICO Y PROPIONATOS	16
CAPITULO II	
ANALISIS DEL MERCADO	17
2.1 SELECCION DEL PRODUCTO	17
2.1.1 CRITERIO DE SELECCION	17
2.1.2 ELECCION DEL ACIDO SORBICO	18

2.2	MERCADO MUNDIAL	21
2.2.1	PRINCIPALES PRODUCTORES	21
2.2.2	CAPACIDAD INSTALADA Y CONSUMO MUNDIAL	21
2.3	MERCADO NACIONAL	22
2.3.1	CONSUMO NACIONAL	22
2.3.2	ESTIMACION DE LA DEMANDA FUTURA	26
2.3.3	IMPORTADORES PRINCIPALES	29
2.3.4	PRECIO DE VENTA	32
CAPITULO III		
TECNICAS DE FABRICACION Y SELECCION DEL PROCESO		33
3.1	ALTERNATIVAS DE FABRICACION	33
3.1.1	OBTENCION NATURAL	33
3.1.2	PROCESOS DE SINTESIS	33
3.2	SELECCION DEL PROCESO	40
3.2.1	CRITERIOS DE SELECCION	40
3.2.2	ELECCION DEL PROCESO DE PRODUCCION	40
3.3	MATERIAS PRIMAS	45
3.3.1	CARACTERISTICAS	45
3.3.2	DISPONIBILIDAD	47
3.4	LOCALIZACION DE LA PLANTA	48
3.4.1	CONSIDERACIONES	48
3.4.2	TAMAÑO DE LA PLANTA	48
3.3.3	SELECCION DE LA LOCALIZACION DE LA PLANTA	48
CAPITULO IV		
BALANCE DE MATERIA		52
4.1	DESCRIPCION DEL PROCESO	52

4.2	DIAGRAMA DE FLUJO	55
4.2.1	LISTA DE EQUIPOS	55
4.3	BALANCE DE MATERIA	58
4.3.1	TIEMPO DE REACCION Y TAMAÑO DEL LOTE	58
4.3.2	BALANCE DE MATERIA EN EL REACTOR R-01	59
4.3.3	BALANCE DE MATERIA EN EL FILTRO F-01	63
4.3.4	BALANCE DE MATERIA EN EL SECADOR S-01	66
	CONCLUSIONES	69
	BIBLIOGRAFIA	71
	REFERENCIAS	73

INTRODUCCION

Dentro de la Industria Química uno de los renglones que mas auge ha presentado en los últimos años, es la producción por parte de las industrias del ramo de químicos finos, debido a que los márgenes de utilidad que se manejan en la manufactura de estos es atractiva y a que uno enfrenta una menor competencia a nivel mundial.

En México no hay producción de varios de estos químicos finos, siendo uno de ellos el Acido Sórbico. El Acido Sórbico es un conservador de alimentos que tiene un gran potencial de crecimiento en su demanda, pues nuestro país esta experimentando en este momento un fuerte incremento en la producción de alimentos procesados.

El Acido Sórbico se importa en su totalidad, principalmente de Alemania y Japón, lo cual ha representado una salida de divisas del país de \$1'400,000 dólares por año durante los últimos tres años.

El Acido Sórbico que se importa es transformado en parte, dentro del país, en Sorbato de Potasio, lo que nos indica que el mercado potencial no se compone unicamente de los consumidores de Acido Sórbico, sino que incluye también a los consumidores de Sorbato de Potasio.

Los procesos, los pasos de producción, las materias primas y los catalizadores necesarios para la producción del Acido Sórbico, no están reportados en la literatura con el detalle necesario como para poder hacer el estudio

técnico-económico materia de esta tesis, por lo que sera necesario para la realización de este estudio el basar el proceso de producción en lo que se reporta en las patentes de producción.

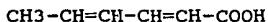
El tener que trabajar con patentes hace necesario, en algún momento el tener que hacer suposiciones para poder continuar con el trabajo, y que estos supuestos solo podran comprobarse por medio de estudios posteriores, en los cuales se haga el trabajo experimental necesario.

El entorno económico del país sobre el cual se fundamento el desarrollo de esta tesis se encuentra en el modelo de sustitución de importaciones, con el cual se pretende desarrollar el potencial productivo de México.

CAPITULO I CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO

1.1 ESTRUCTURAS CARACTERISTICAS

El Acido Sórbito es un sólido blanco y cristalino, también conocido como Acido trans-2,trans-4-hexadienóico. El Acido Sórbito presenta la siguiente estructura molecular:



Fue aislado por primera vez en 1859, por la adición de los álcalis o de ácidos minerales sobre el aceite de serbal (Serbus Acuparia), de donde se deriva su nombre.

Fue sintetizado por vez primera en 1900, por Doebner, por medio de la reacción del aldehído crotónico con el ácido malónico. El interés que se tiene por el Acido Sórbito se deriva del poder antimicrobiano que tiene, el cual fue descubierto en 1940.

Es ampliamente utilizado en alimentos con un alto contenido de humedad, a pH menores de 6.5 donde el control de bacterias, levaduras y hongos es esencial para poder obtener un almacenamiento de los alimentos seguro y económico.

1.2 PROPIEDADES FISICAS

Los cristales del Acido Sórbito, tienen una estructura bien ordenada como resultado de los enlaces de hidrogeno y de su estructura trans, trans.

Los dobles enlaces conjugados hacen que el polvo del Acido Sórbito sea explosivo particularmente cuando éste es mezclado con agentes oxidantes.

Las propiedades físicas se encuentran en la Tabla 1.1. La Tabla 1.2 nos muestra la solubilidad del Acido Sórbito en diversos solventes.

Tabla 1.1
PROPIEDADES FISICAS
DEL ACIDO SORBICO

PROPIEDADES	VALORES
PESO MOLECULAR	112.13
PUNTO DE FUSION (°C)	134.5
PUNTO DE EBULLICION (UNA ATMOSFERA, °C)	228
DENSIDAD (19°C, g/cm ³)	1.204
CALOR ESPECIFICO (J/(g*K))	1.84
CALOR LATENTE DE FUSION (KJ/mol)	13.6
CALOR DE COMBUSTION (KJ/mol)	3107
CALOR DE NEUTRALIZACION (KJ/mol)	6.07
PRESION DE VAPOR (atm.)	
A 130°C	0.013
A 150°C	0.037
A 170°C	0.092

Fuente : ENCICLOPEDIA KIRK-OTHMER 3a EDICION

Tabla 1.2
SOLUBILIDAD DEL ACIDO SORBICO

SOLVENTE	VALOR*
AGUA A 20°C	0.16
AGUA A 50°C	0.8
AGUA A 100°C	3.9
ALCOHOL ETILICO AL 5%	0.16
ALCOHOL ETILICO AL 20%	0.3
ALCOHOL ETILICO AL 50%	5
ALCOHOL ETILICO ABSOLUTO	14.5
SOLUCION DE SAL COMUN AL 5%	0.1
SOLUCION DE SAL COMUN AL 10%	0.07
SOLUCION DE AZUCAR AL 10%	0.14
SOLUCION DE AZUCAR AL 50%	0.1
GRASAS Y ACEITES GRASOS	0.7

* SOLUBILIDAD EN GRAMOS POR 100g DE DISOLVENTE

Fuente : LA CONSERVACION DE ALIMENTOS QUIMICA HOECHST

1.3 PROPIEDADES QUIMICAS

La reactividad del Acido Sórbito esta determinada por el grupo carboxílico y por los dobles enlaces conjugados.

1.3.1 REACCIONES DEL DOBLE ENLACE CONJUGADO

Las reacciones de adición del Acido Sórbito y de sus derivados carboxílicos son complejas, pero ordinariamente tienen lugar primero o en mayor proporción en el doble enlace 4,5.

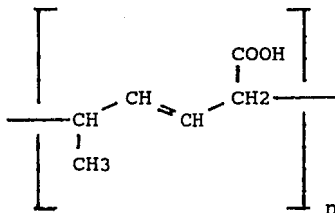
La adición de una mol de bromo forma principalmente el ácido 4,5 dibromo-2-hexenoico. Con dos moles de bromo por una de Acido Sórbito, se forma menos fácilmente el tetrabromuro.

El ácido hipocloroso se adiciona y produce el ácido 4-hidroxi-5-cloro-2-hexenoico; el ácido clorhídrico da por adición el ácido 5-cloro-3-hexenoico.

El Acido Sórbito efectúa con facilidad la reacción Diels-Alder con muchos compuestos olefinicos, pero en la mayoría de los casos resultan mezclas complejas por los diferentes modos de adición posible.

Calentando el Acido Sórbito en una atmosfera inerte, se forman dímeros con buenos resultados.

forman tienen alto peso molecular y estructuras lineales, teniendo como característica que el doble enlace residual mantiene su estructura trans.



1.3.1 REACCIONES DEL GRUPO CARBOXILICO

El Acido Sórbito lleva a cabo las reacciones características de los ácidos carboxílicos formando sales, ésteres, amidas y anhídridos.

Desde el punto de vista industrial, el compuesto más importante que se deriva de esta reactividad del grupo carboxílico es el sorbato de potasio debido a su estabilidad y a su gran solubilidad. El sorbato de sodio es menos estable y no es un producto comercial. El sorbato de calcio debido a su poca solubilidad, es usado en los materiales de empaque.

El anhídrido sórbito se prepara al hacer reaccionar el Acido Sórbito con el cloruro oxálico.

La preparación de los ésteres del Acido Sórbito debe ser controlada para evitar la oxidación y la polimerización.

1.4 ESPECIFICACIONES

Las especificaciones que se describen en la Tabla 1.3, cumplen los requerimientos que marca la Organización Mundial de la Salud (OMS) y los lineamientos que marca el Consejo de Ministros de la Comunidad Económica Europea para el Acido Sórico.

Tabla 1.3 ESPECIFICACIONES DEL ACIDO SORBICO

FORMULA:	$\text{CH}_3\text{-CH=CH-CH=CH-COOH}$
PESO MOLECULAR:	112.12
DESCRIPCION:	POLVO BLANCO CRISTALINO
SOLUBILIDAD A	
TEMPERATURA AMBIENTE:	1g SOLUBLE EN 12 ml DE ETANOL AL 96%.. 1g SOLUBLE EN 16 ml DE CLOROFORMO.
RANGO DE FUSION:	132 - 135 °C.
PUREZA:	NO MENOR AL 99%.
CONSTITUYENTES VOLATILES:	NO MAS DEL 3%.
CONTENIDO DE CENIZAS:	NO MAS DEL 0.2%.
CONTENIDO DE ALDEHIDOS:	NO MAS DEL 0.1% CALCULADO COMO FORMALDEHIDO.
RESISTENCIA AL CALOR Y	
ESTABILIDAD AL ALMACENAJE:	NO SE DECOLORA DESPUES DE 90 MINUTOS A 105°C.
CONTENIDO DE ARSENICO:	NO MAS DE 1 ppm.
CONTENIDO DE PLOMO:	NO MAS DE 5 ppm.
CONTENIDO DE ZINC:	NO MAS DE 5 ppm.
CONTENIDO DE COBRE:	NO MAS DE 5 ppm.
CONTENIDO DE MERCURIO:	NO MAS DE 1 ppm.

Fuente : HOECHST FOOD ADITIVES

1.5 USOS Y APLICACIONES

1.5.1 CARACTERISTICAS DEL ACIDO SORBICO COMO AGENTE CONSERVADOR

El Acido Sórbito es un conservador debido al poder fungistático de su estructura no saturada. Una acción vital para el desarrollo de mohos en presencia de ácidos grasos es la deshidrogenación de éstos ácidos con producción de compuestos saturados. La reacción se efectúa por un sistema enzimático deshidrogenante y es inhibida por el exceso de productos deshidrogenados. Así cuando hay Acido Sórbito se inhibe la reacción enzimática a causa de la estructura no saturada del ácido.

El Acido Sórbito inhibe el desarrollo de la mayoría de los hongos, mohos y levaduras, así como el de algunas bacterias que acompañan a los alimentos en descomposición. No mata a los microorganismos pero impide su desarrollo.

Los alimentos en los cuales esta demostrado que tiene una aplicación eficaz son:

Margarina, mayonesa, quesos, pescados, aves, carnes, embutidos, los productos frutales, bebidas no alcohólicas, vino, confitería y repostería.

El Acido Sórbito es útil también como inhibidor en ciertos productos farmacéuticos y cosméticos.

1.5.2. CRITERIOS BASICOS DE APLICACION

a) Espectro de eficacia.

La acción del Acido Sórbico y sus sales va dirigida contra hongos, levaduras y ciertas bacterias. Estos microorganismos, formadores de micotoxinas, son inhibidos permanentemente.

Como todas las sustancias conservantes, el Acido Sórbico se requiere en concentraciones mínimas para garantizar una conservación segura de los alimentos.

b) Condiciones requeridas del producto conservante.

La composición de la materia prima y las distintas condiciones de transformación determinan conjuntamente la cantidad necesaria de sustancia conservante. Naturalmente, el Acido Sórbico y sus sales solamente protegen de un posterior ataque de los microorganismos, a los alimentos preparados bajo condiciones perfectamente higiénicas. Los alimentos ya fuertemente contaminados o con síntomas de descomposición ya no pueden protegerse con los conservadores.

c) Influencia del valor pH.

Como todas las sustancias conservantes, especialmente los ácidos de conservación, la acción del Acido Sórbico, depende del pH del producto a conservar. Cuanto más bajo sea el pH, es decir cuanto más ácido sea un artículo, mayor será la eficacia del agente conservante y en consecuencia menor la cantidad necesaria del mismo.

El Acido Sórbito y sus sales desarrollan su actividad en todos los productos hasta un pH de 6.5 aproximadamente. Su ventaja especial radica en que el Acido Sórbito, al revés que otros agentes conservantes, es igualmente eficaz en un margen de pH ligeramente ácido por lo que también es adecuado para la conservación de alimentos poco ácidos, como queso y repostería.

d) Condiciones Tecnológicas requeridas.

El Acido Sórbito puede agregarse a los alimentos en distintas formas como son:

Adición directa, inmersión del alimento en una solución del ácido, aspersión del alimento con una solución.

La condición previa para la completa eficacia del Acido Sórbito, es su buena distribución en el alimento, lo que se consigue fácilmente en la práctica por medio de un intensivo amasado, agitado o mezclado por bombas.

Los procedimientos de calentamiento usuales en la tecnología de los productos alimenticios no perjudican al Acido Sórbito y sus sales. Solamente hay que tener en cuenta que el Acido Sórbito puede volatilizarse con el vapor de agua, si los alimentos se cuecen en recipientes abiertos durante largo tiempo.

1.5.3 DERIVADOS DEL ACIDO SÓRBITO

El Acido Sórbito presenta dos derivados, el sorbato de potasio y el sorbato de calcio, los

cuales tienen una aplicación industrial importante.

1.5.3.1. SORBATO DE POTASIO

El sorbato de potasio es un polvo blanco prácticamente inodoro con un granulado fino, que en comparación con el Acido Sórbico ofrece la ventaja de su mayor solubilidad en agua. Por ello, el empleo de sorbato de potasio, es conveniente cuando se requiere una fácil solubilidad en agua o bien, cuando para una cómoda dosificación haya que trabajar con soluciones concentradas. En la practica, se recomiendan soluciones al 10% o mas.

Ya que las soluciones de sorbato de potasio son poco estables, no deben guardarse por tiempo prolongado.

Al incorporarlo a los alimentos, el sorbato de potasio, se transforma en Acido Sórbico, por lo que en el espectro de eficacia no existe ninguna diferencia entre el Acido Sórbico y el sorbato de potasio.

1.5.3.2 SORBATO DE CALCIO

El sorbato de calcio es un polvo blanco similar al talco y presenta una solubilidad muy limitada en agua y grasas. Debido a éstas propiedades, el empleo de sorbato cálcico tiene ventajas cuando se requiere una acción duradera de la sustancia conservante, sobre la superficie del alimento, es decir cuando el peligro de formación de hongos sea muy grande. Por ello, el sorbato de calcio es muy adecuado para la

conservación del queso y para la fabricación de materiales fungistáticos de envasado.

1.5.4 EFECTOS FISIOLÓGICOS.

La baja toxicidad del Acido Sórbico, hace que sea muy deseable como conservador de alimentos. El Acido Sórbico, es un ácido graso y como éstos, se desintegra en bióxido de carbono y agua, y por lo tanto son aprovechados por el cuerpo. Por ésta razón, el Acido Sórbico es inocuo y la Organización Mundial de la Salud, lo ha catalogado como el conservador que puede ser ingerido en mayor cantidad por el ser humano.

1.6 SUSTITUTOS

Debido a que los conservadores son aditivos cuya finalidad es prevenir el crecimiento microbiano de hongos, levaduras y bacterias, no cualquiera de ellos es adecuado para todos los alimentos, ya que su efectividad depende de varios factores:

- a) Especificidad de acción;
- b) Composición del sustrato al que se le va a añadir;
- c) Nivel inicial de contaminación, y;
- d) Manejo y distribución del producto terminado.

Es preciso recordar que los microorganismos también se controlan mediante el pH y la reducción de la actividad acuosa, por lo que el vinagre, la sacarosa o el cloruro de sodio, además de ejercer una acción protectora, funcionan como conservadores.

Dentro de los conservadores mas usuales están:

1.6.1 ACIDO BENZOICO Y BENZOATOS.

Se usa ampliamente en un gran número de alimentos y es tal vez uno de los conservadores mas comunes en la industria. La forma no disociada del ácido es la que presenta actividad antimicrobiana, por lo que el pH tiene un efecto decisivo en su efectividad. Controla el crecimiento de levaduras y bacterias, y en menor grado el de los hongos.

1.6.2 ACIDO ACETICO Y ACETATOS

Este ácido se encuentra como agente activo en el vinagre en una concentración de 4 a 5%, además de que contribuye al gusto y al aroma de los alimentos, se utiliza para el control de diferentes especies de levaduras y de bacterias, y en menor grado de hongos. Su actividad aumenta con la reducción del pH, ya que la molécula sin disociar es la activa.

1.6.3 PRABENOS.

Estos compuestos corresponden a los ésteres del ácido para-hidroxibenzoico con cadenas de alcoholos, principalmente metilo, butilo y propilo. En concentraciones de 0.05 a 0.2% en peso, son efectivos para el control del crecimiento de hongos y levaduras, y en menor grado de bacterias.

1.6.4 ACIDO PROPIONICO Y PROPIONATOS.

El ácido propiónico es un líquido corrosivo, por lo que generalmente se prefieren sus sales, los propionatos. Se usa para controlar el desarrollo de hongos. Su efecto tóxico sobre estos se debe a que no pueden usar ácidos de tres átomos de carbono. Los propionatos actúan bien con un pH de hasta 6.

CAPITULO II ANALISIS DEL MERCADO

2.1 SELECCION DEL PRODUCTO

Los productos químicos pueden ser clasificados por diversos factores como pueden ser su volumen de ventas, su precio, si son "comodities", químicos finos o especialidades químicas, si se importan total o parcialmente etc..

2.1.1 CRITERIO DE SELECCION

Aún cuando existe una gran cantidad de productos químicos el principal criterio de selección fue que se importara totalmente y por lo tanto que no se produjera en México.

Así mismo, se consideró la fabricación de un químico fino ya que por lo general pueden ser fabricados en pequeños volúmenes, con tecnologías no muy complejas y en su mayoría se emplean como intermediarios en numerosos procesos lo que hace que tengan mercados muy amplios y sean difíciles de monopolizar.

Si bien su consumo en proporción al resto de las materias primas empleadas es mínimo se consideran productos muy importantes en un gran número de productos de consumo final.

Por último, se consideró también para la selección que tuviera un alto valor agregado.

Ya teniendo estos factores y tomando como base el CAPITULO 29 del Sistema Armonizado de Importaciones, el cual comprende las fracciones de los PRODUCTOS QUIMICOS ORGANICOS y adicionalmente un listado de los productos químicos que se distribuyen y que no se producen en México.

Así pues, se seleccionaron productos de los que se hubieran importado volúmenes bajos a precios altos, que el monto total de las importaciones fuera de un millón de dolares, que estas importaciones fueran crecientes o por lo menos se hubieran mantenido durante el periodo 1987-1990 y que no tuvieran un solo comprador final, ya que se prestaría a que el mercado final pudiera ser manipulado.

2.1.2 ELECCION DEL ACIDO SORBICO

La elección del Acido Sórbito como producto para llevar a cabo la presente Tesis se debió a que cumplía con todos los criterios de selección, ya que es un producto que se importa totalmente, está considerado como químico fino, es susceptible de fabricarse en bajos volúmenes y tiene numerosas aplicaciones lo que nos indica que tiene un diverso número de consumidores. Aún cuando se emplea en bajos porcentajes con respecto a los demás componentes es un producto indispensable en la manufactura de muchos bienes de consumo final.

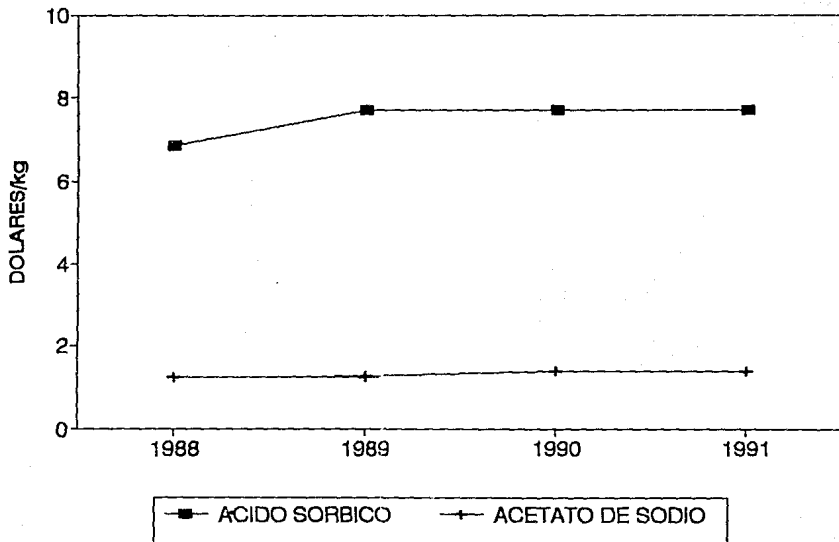
Así mismo sus importaciones han sido altas durante los últimos cuatro años (Ver Tabla 2.1) y el precio internacional se ha mantenido constante (Ver Gráfica 2.1).

Tabla 2.1
IMPORTACIONES DEL ACIDO SORBICO

	1987	1988	1989	1990
VALOR (DOLARES)	\$972,426	\$1,749,318	\$1,353,698	\$1,650,298
VOLUMEN (Kg)	231,219	316,599	249,419	331,427
PRECIO PROMEDIO (DOLARES/Kg)	4.21	5.53	5.43	4.98

Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

Grafica 2.1
COMPARATIVO DE PRECIOS INTERNACIONALES



Fuente : CHEMICAL MARKETING REPORTER

2.2 MERCADO MUNDIAL

2.2.1 PRINCIPALES PRODUCTORES

Los principales países productores de Acido Sórbito son Japón, Alemania y Estados Unidos y las principales industrias a nivel mundial son seis, cuatro en Japón, una en Alemania y una en Estados Unidos.

Hoechst	Alemania
Monsanto	Estados Unidos
DAICEL	Japón
CHISSO	Japón
NIPPON GOHSEI	Japón
UENO	Japón

2.2.2 CAPACIDAD INSTALADA Y CONSUMO MUNDIAL

Datos sobre la capacidad instalada y el consumo anual mundial del Acido Sórbito no han sido publicados recientemente, pero se tienen los siguientes datos (1):

Capacidad Instalada de Producción a Nivel Mundial:

20'000,000 Kg/año

Consumo Total Mundial Estimado:

14'000,000 Kg/año

2.3 MERCADO NACIONAL

2.3.1. CONSUMO NACIONAL

El Acido Sórbito es un producto que se importa al 100%. Si consideramos que el total del volumen de las importaciones anuales se consume totalmente cada año, podemos decir que la variación de inventarios es igual a cero.

Por lo tanto el consumo nacional aparente del Acido Sórbito es equivalente al volumen de las importaciones.

2.3.1.1 ANALISIS DE LAS IMPORTACIONES (SERIE HISTORICA)

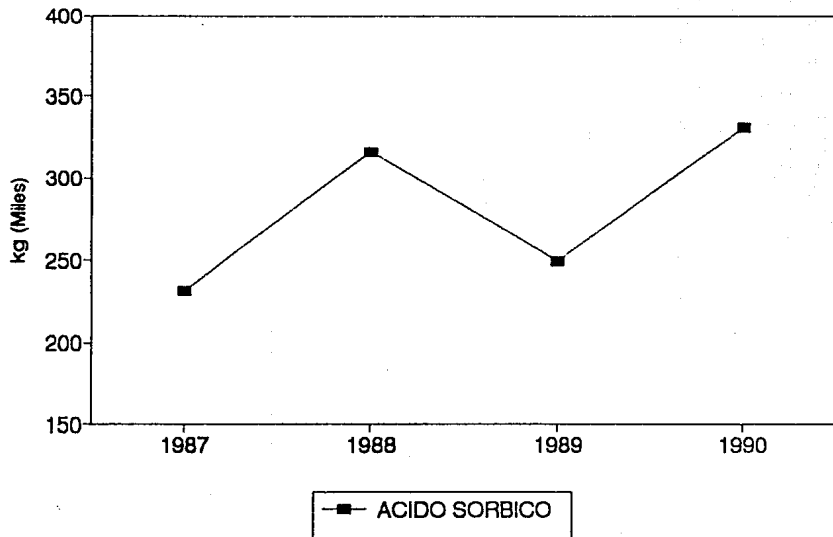
En la Gráfica 2.2 podemos observar cuales han sido las importaciones del Acido Sórbito en volumen, durante los cuatro últimos años, y en esta, se muestra que el volumen máximo fue de 316.6 toneladas en 1988.

El comportamiento ha sido irregular y se ha mantenido alrededor de 280 toneladas durante estos cuatro años.

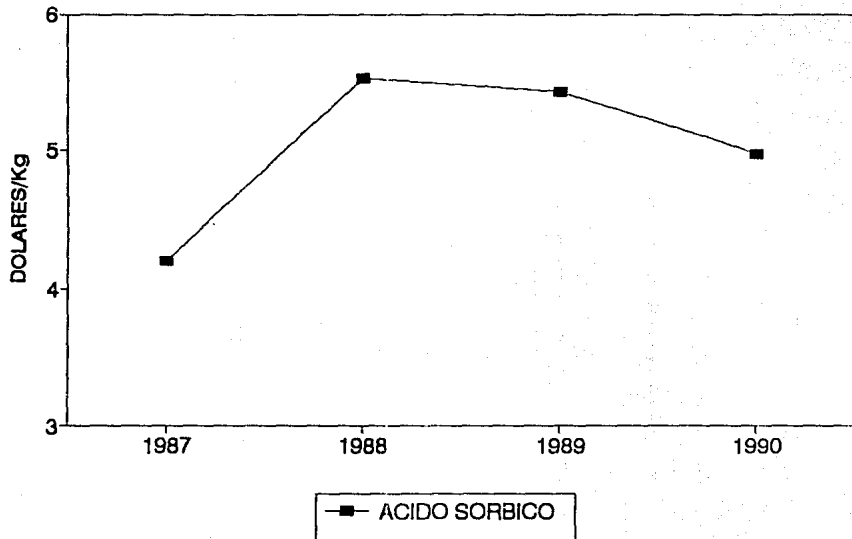
En la Gráfica 2.3, se observa que el precio promedio de importación ha ido bajando desde 1988 de \$ 5.53 dólares/Kg a \$ 4.98 dólares/Kg esto representa una disminución del 10% en el precio promedio.

En la Gráfica 2.4 podemos observar las importaciones por valor comercial de los cuatro últimos años, y en ello se muestra que el valor máximo de las importaciones también fue 1988, con \$ 1'749,318 dólares y que el promedio es de \$ 1'400,000 dólares.

Grafica 2.2
VOLUMEN DE IMPORTACION

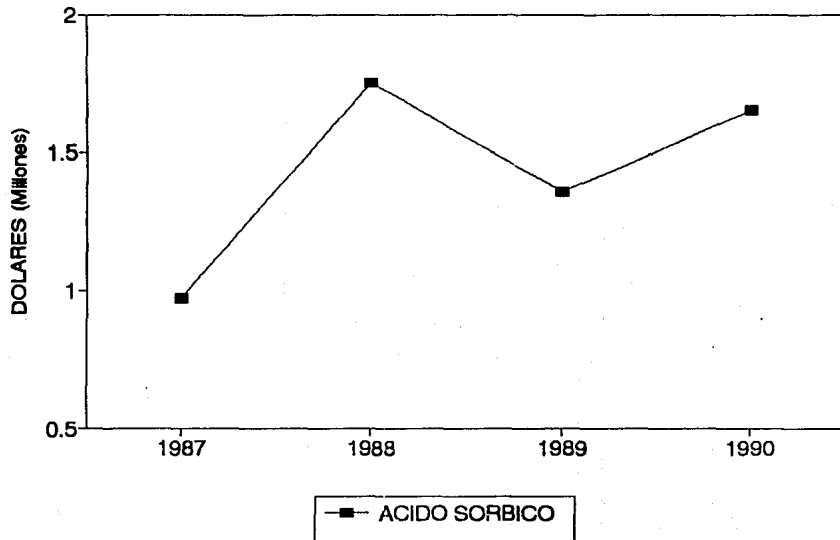


Grafica 2.3
PRECIO PROMEDIO DE IMPORTACION



Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

Grafica 2.4
VALOR DE LAS IMPORTACIONES



Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.

2.3.1.2. ANALISIS DE LAS IMPORTACIONES POR PAIS DE PROCEDENCIA.

Al analizar las importaciones encontramos que existe una fuerte tendencia a importar el producto de Japón. (Ver Tabla 2.2). En 1990 el 70.6% de todo el producto importado se compró de Japón.

También se puede observar que las importaciones procedentes de Alemania han aumentado de forma considerable pasando del 11.3% en 1988 al 24.2% en 1990.

Por otro lado comparando los precios de importación durante los últimos tres años, Japón ha mantenido un precio menor al de los demás países de los cuales se importa Acido Sórbito. (Gráfica 2.5).

La diferencia en el precio de importación en 1990, entre Japón y Alemania era de \$0.92 dolares lo que representa que el Acido Sórbito Alemán es un 19.6% mas caro que el Japonés.

2.3.2. ESTIMACION DE LA DEMANDA FUTURA

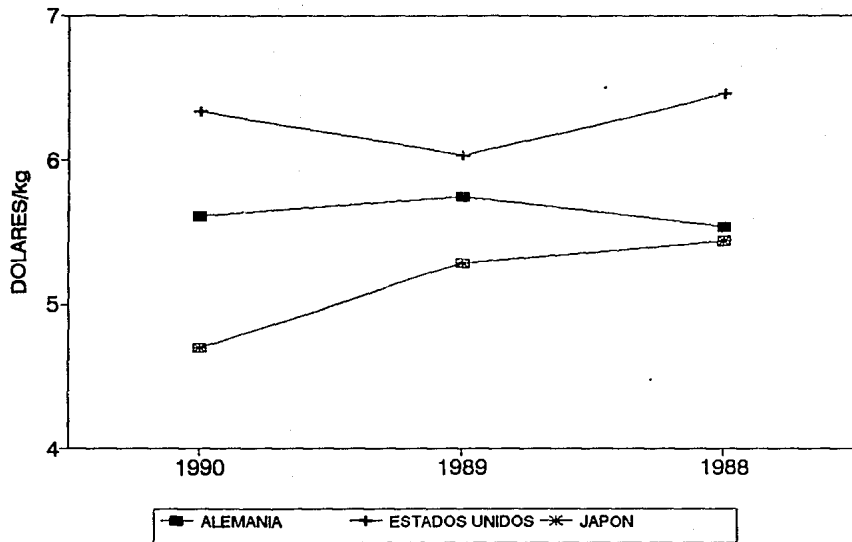
Debido a que no existe ningún estudio que estime cual será la demanda futura de Acido Sórbito en México, ni es posible relacionar el consumo del mismo con algún producto en específico, ya que tiene múltiples aplicaciones en diversas ramas industriales, se decidió estimar la demanda futura en función de las

Tabla 2.2
IMPORTACIONES POR PAIS DE PROCEDENCIA

kg	1980		1989		1988	
ALEMANIA	80,300	24.2%	34,545	13.8%	35,772	11.3%
AUSTRIA	5,000	1.5%	0	0.0%	0	0.0%
COREA DEL SUR	0	0.0%	0	0.0%	5,000	1.6%
ESPAÑA	1,000	0.3%	705	0.3%	0	0.0%
ESTADOS UNIDOS	11,146	3.4%	26,418	10.6%	21,924	6.9%
JAPON	233,980	70.8%	187,750	75.3%	253,903	80.2%
TOTAL	331,426		249,418		316,599	

Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

Grafica 2.5
COMPARATIVO DE PRECIOS DE IMPORTACION



Fuente : SECRETARÍA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL.

importaciones anuales, y como se explicó con anterioridad que el consumo aparente es equivalente al volumen de la misma.

Así pues como primer paso se procedió a calcular cual será la demanda futura tomando como base el volumen de las importaciones comprendidas entre 1975 y 1990.

La ecuación obtenida tomando en cuenta una regresión lineal fue la siguiente:

$$y = 23344.4 x + 46138174$$

Tomando como "y" los años y como "x" el volumen en Kg. El factor de correlación es de 0.938

La estimación de la demanda futura se muestra en la Gráfica 2.6 y en la Tabla 2.3.

2.3.3 IMPORTADORES PRINCIPALES

Los principales compañías importadoras del Acido Sórbico, tomando en cuenta los años de 1987, 1988 y 1989 son los siguientes (2):

Química Hoechst de México
Merck México
Panificación Bimbo
Productos Marinela
Helm de México

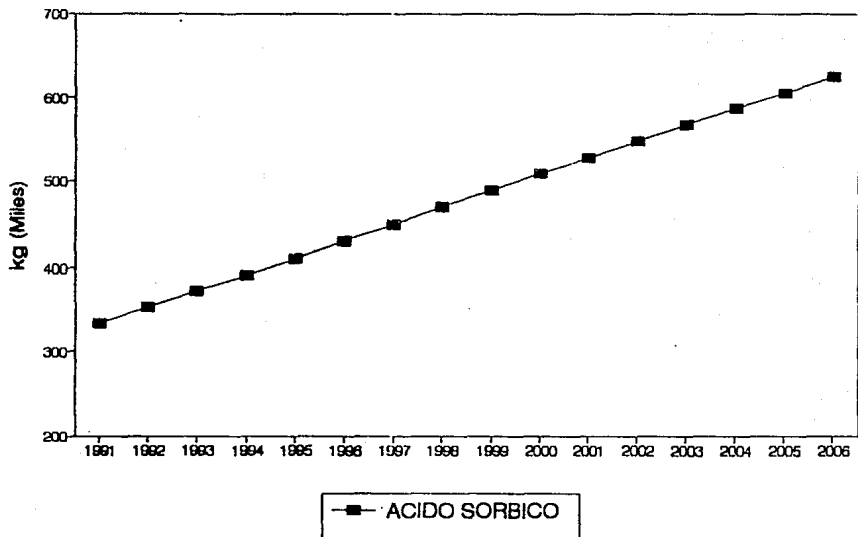
Tabla 2.3
CONSUMO DEL ACIDO SORBICO EN MEXICO

AÑO VOLUMEN (Kg)		AÑO VOLUMEN (Kg) *	
1975	28,389	1991	333,250
1976	53,296	1992	352,771
1977	68,521	1993	372,292
1978	65,129	1994	391,813
1979	73,324	1995	411,334
1980	97,784	1996	430,855
1981	163,158	1997	450,375
1982	168,571	1998	469,896
1983	149,421	1999	489,417
1984	202,865	2000	508,938
1985	244,333	2001	528,459
1986	233,706	2002	547,980
1987	231,213	2003	567,501
1988	316,599	2004	587,021
1989	249,419	2005	606,542
1990	331,427	2006	626,063

Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

* APARTIR DE 1991 LOS DATOS ESTAN ESTIMADOS EN FUNCION DE
LA REGRESION LINEAL

Grafica 2.6
DEMANDA FUTURA



Fuente : SECRETARIA DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL

2.3.4 PRECIO DE VENTA

Se evaluaron los siguientes precios para poder definir cual sería el posible precio de venta:

- a) Precio de Importación
- b) Precio Domestico
- c) Precio Internacional

a) PRECIO DE IMPORTACION.

Tomando como base las estadísticas de importación de la Secretaria de Comercio y Fomento Industrial se encontró que el precio de importación del Acido Sórbito varió entre 4.69 y 7.36 dólares, siendo el promedio para 1990 de 4.98 dólares (3).

b) PRECIO DOMESTICO.

El precio ofrecido por las principales distribuidoras del Acido Sórbito en México en 1990 fue de entre \$23,500/Kg (\$7.83 dólares/kg) y \$24,200/kg, (\$8.06 dólares/Kg), considerando volúmenes de 50 Kg (3a).

c) PRECIO INTERNACIONAL.

El precio internacional para el Acido Sórbito es de \$7.72 dólares/Kg (4).

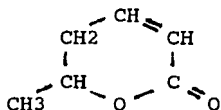
CAPITULO III

TECNICAS DE FABRICACION Y SELECCION DEL PROCESO

3.1 ALTERNATIVAS DE FABRICACION

3.1.1 OBTENCION NATURAL

El Acido Sórbito fue de los primeros ácidos insaturados conocidos. Fue aislado por primera vez en 1859 por la acción de los álcalis o de ácidos minerales sobre el aceite del serbal (*Sorbus aucuparia*). Precursor del Acido Sórbito en el aceite es su isómero, el ácido parasórbito o lactona del ácido 5-hidroxi-2-hexanoico,



3.1.2 PROCESOS DE SINTESIS

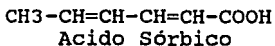
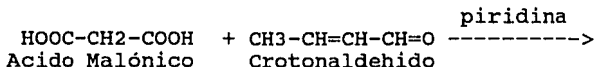
El Acido Sórbito, puede ser fabricado comercialmente mediante alguno de los procesos que se mencionan a continuación:

PROCESO I

En 1900 Doebner realizó la primera síntesis del Acido Sórbito al hacer reaccionar el aldehído crotonico con el ácido malónico en presencia de piridina, dándonos un rendimiento del 32%.

Posteriormente descubrió que este rendimiento se podía mejorar si se usaba sales del ácido malónico.

La reacción se muestra a continuación :



PROCESO II

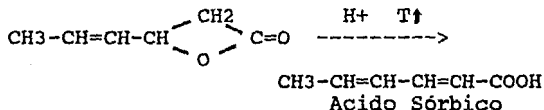
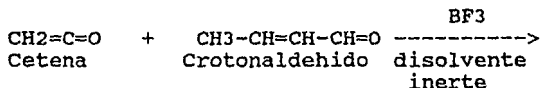
Uno de los primeros procesos para hacer la síntesis a nivel industrial del Acido Sórbico fue haciendo reaccionar la cetena y el crotonaldehido en presencia de un ácido de Lewis, que actúa como catalizador. Preferentemente el ácido de Lewis a usar es el Trifluoruro de Boro (BF₃), pero alternativamente se pueden usar las sales neutras de metales divalentes.

Esta reacción forma un polímero identificado como un poliéster de la Hexeno-beta-lactona, la cual se transforma en Acido Sórbico al hacerla ebulir en una solución acuosa de ácido clorhídrico o acético.

La condensación se lleva a cabo en condiciones satisfactorias con crotonaldehido en

exceso en un disolvente inerte y seco y operando a baja temperatura. La conversión de este proceso es de alrededor de 70%.

La reacción se muestra a continuación:

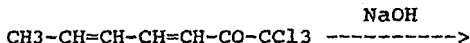
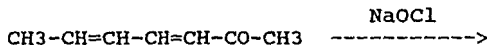
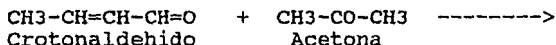


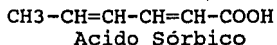
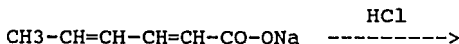
PROCESO III

Otro método para preparar el Acido Sórbito esta basado en la reacción del crotonaldehido y la acetona. Esta reacción forma una crotonilidenacetona la cual es oxidada para darnos el Acido Sórbito.

Este método de producción es estudiado en la Unión Soviética.

La reacción se muestra a continuación:





PROCESO IV

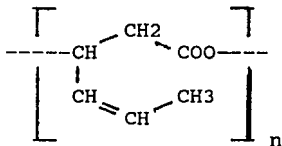
OXIDACION DEL HEXADIENAL

Una forma de producir Acido Sórbico a nivel industrial consiste en al oxidación del 2,4-hexadienal. La aplicación práctica de esta reacción tardó mucho tiempo en llevarse a cabo puesto que no se tenía un método práctico para producir el hexadienal, ya que las reacciones de condensación del acetaldehído o la del acetaldehído con el crotonaldehído, aunque se conocían desde hacia tiempo, tenían bajos rendimientos y producían grandes cantidades del isómero ramificado 2-vinil-2-butenal y productos de policondensación, los cuales se separan con gran dificultad.

Otro problema al que se enfrentaron fue que los métodos ordinarios de oxidación de los aldehídos no son satisfactorios para el hexadienal debido a la formación de peróxidos en los enlaces etilénicos y por la polimerización.

Durante los años cuarentas AE Montagna (5) desarrollo un proceso que solucionó los problemas que se presentaban al tratar de oxidar el hexadienal al usar un reactor con una forma especial y controlar con gran precisión la temperatura, la presión y el tiempo de residencia.

fabrica por este método, el cual consiste en hacer reaccionar la cetena y el crotonaldehido en presencia de un catalizador que pueden ser óxidos metálicos, metales de transición o sales metálicas de un ácido graso, para producir un poliéster con un peso molecular de entre 1000 y 5000.

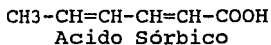
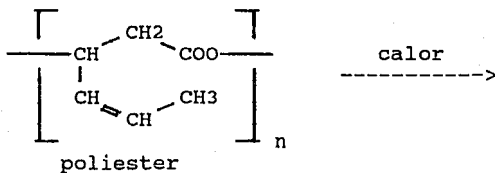
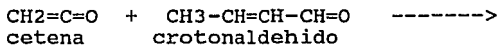


Se añade un exceso de crotonaldehido y se usan como solventes hidrocarburos alifáticos, alicíclicos o aromáticos. Una vez formado el poliéster se remueve el crotonaldehido que no reaccionó y a continuación el poliéster es roto por pirolisis. La pirolisis puede producir una mezcla de los isómeros del ácido 2,4-hexadienoico, los cuales deben transformarse a la forma trans, trans.

La descomposición térmica es llevada a cabo en un medio alcalino. Simultáneamente a la descomposición térmica, se realiza la destilación del Acido Sórbito que se acaba de formar y del solvente, quedando el catalizador en el reactor. El Acido Sórbito que se formó se cristaliza durante el paso de enfriamiento del destilado y el solvente, que aun contiene Acido Sórbito es reciclado al inicio de la reacción entre el crotonaldehido y la cetena. El rendimiento de este proceso es superior al 85%. De ser necesario la mezcla de isómeros es transformada a la forma mas estable trans,

trans al añadirle ácido sulfúrico o clorhídrico.

La reacción se presenta a continuación:



3.2 SELECCION DEL PROCESO

3.2.1 CRITERIOS DE SELECCION

De acuerdo a los procesos mencionados en el inciso anterior, se consideró que los únicos procesos viables para fabricar el Acido Sórbito en México, son los PROCESOS IV y V, puesto que el PROCESO I tiene un rendimiento sumamente bajo con respecto a la producción de Acido Sórbito, el PROCESO II aunque es similar al PROCESO V y usa las mismas materias primas tiene un rendimiento del 70%, comparado con el 85% del PROCESO V, y el PROCESO III es una síntesis que se desarrollo en la Unión Soviética y por esta razón se tiene muy poca información sobre ella, (Ver Tabla 3.1).

Así pues la selección entre los PROCESOS IV y V se hará en base de:

- a) El rendimiento.
- b) Las materias primas. Tomando en cuenta la disponibilidad, el costo y el consumo de estas en el proceso.
- c) Las condiciones de operación.
- d) Lo complejo del proceso. (Figuras 3.1 y 3.2).
- e) La información bibliográfica disponible.

3.2.2 ELECCION DEL PROCESO DE PRODUCCION.

Comparando únicamente los procesos por el rendimiento (Tabla 3.1), el PROCESO IV sería mas

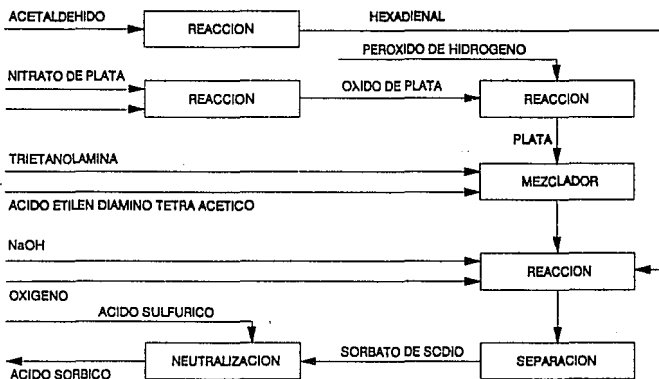
Tabla 3.1

PROCESO	RENDIMIENTO
I	32% RESPECTO AL CROTONALDEHIDO
II	70% RESPECTO AL CROTONALDEHIDO
III	NO DISPONIBLE
IV	95% RESPECTO AL 2,4-HEXADIENAL
V	85% RESPECTO AL CROTONALDEHIDO

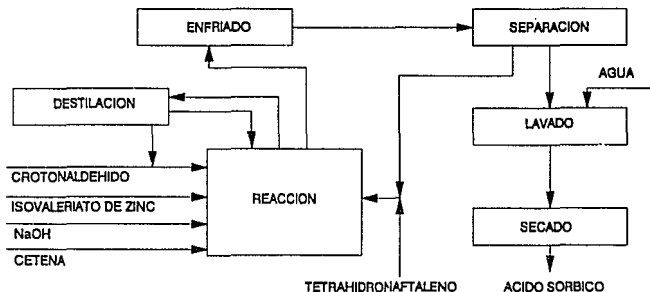
Figuras 3.1 y 3.2

PROCESOS DE PRODUCCION

PROCESO IV



PROCESO V



conveniente, sin embargo, como este no es el único parámetro a evaluar tenemos que en el caso del PROCESO IV, no se tiene disponibilidad del 2,4-hexadienal, lo que conlleva a una reacción adicional, Así mismo el catalizador del PROCESO IV tiene un precio ponderado mas alto y en conjunto tomando en cuenta la materia prima y el catalizador este proceso es mas caro (Tabla 3.2).

Así mismo, comparando los procesos de producción (Figuras 3.1 y 3.2), se observa que el PROCESO V es mas sencillo y se tienen menos pasos con reacciones.

Por último la información bibliográfica disponible es mayor sobre el PROCESO V, puesto que actualmente las distintas variantes de este proceso son las únicas formas de producción industrial, y a que como el PROCESO IV se dejó de usar desde 1970 no se tiene información reciente sobre las condiciones de reacción y separación, ni sobre la configuración física de los equipos, factor muy importante para la producción del 2,4-hexadienal y la separación a la salida del reactor del Sorbato de Sodio.

Así pues, el proceso que presenta las mejores ventajas, esto es los costos mas bajos, el proceso mas sencillo, lo que se traduce en costos de operación mas bajos, y mayor disponibilidad de información, es el PROCESO V y será la forma de producción que se evaluará en este estudio.

Tabla 3.2

	PRECIO POR Kg DE REACTIVO	RELACION DE CONSUMO ENTRE EL REACTIVO Y EL AC. SORBICO	COSTO PONDERADO DEL REACTIVO
PROCESO IV			
ACETALDEHIDO	\$3,056	1.24	\$3,789
OXIGENO *	\$0	0.15	\$0
NITRATO DE PLATA	\$265,000	0.0032	\$848
TOTAL			\$4,637
PROCESO V			
CETENA	\$3,460	0.44	\$1,522
CROTONALDEHIDO	\$3,500	0.73	\$2,555
ISOVALERIATO DE ZINC	\$26,872	0.016	\$429
TOTAL			\$4,506

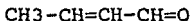
* SE TOMA DEL AIRE

3.3 MATERIAS PRIMAS

3.3.1 CARACTERISTICAS

A) CROTONALDEHIDO.

Nombre comercial del trans-2-butenal. Líquido inflamable y lacrimógeno. Sus vapores son sumamente irritantes. Tóxico al contacto con la piel.



Peso Molecular	70.09
Pureza Comercial	93%
Punto de Ebullición	104°C
Punto de Congelación	-76.5°C
Densidad 20/20	0.853

B) CETENA.

Nombre comercial de la etenona o bien carbometeno. Gas de olor penetrante, sumamente irritante si se respira. Moderadamente soluble en acetona.

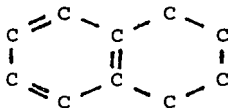


Peso Molecular	42.04
Punto de Ebullición	-56°C
Punto de Congelación	-150°C

C) TETRAHIDRONAFTALENO.

Nombre condensado del 1,2,3,4-Tetrahidronaftaleno. Su nombre comercial es

TETRALIN. Líquido con un olor similar al de una mezcla de metanol y benceno. Insoluble en agua, miscible con etanol, butanol, acetona, benceno, cloroformo, éter. El contacto prolongado, con el aire puede causar la formación del peroxido de tetrahidronaftaleno, el cual es explosivo.



Peso Molecular	132.20
Punto de Ebullición	207.2°C
Punto de Congelación	-31.0°C
Densidad 20/4	0.9702

D) HIDROXIDO DE SODIO (NaOH)

Conocido comercialmente como sosa cáustica. Altamente corrosivo a los tejidos tanto animales como vegetales. Se usa para neutralizar ácidos y hacer sales de sodio. Presenta las siguientes características cuando esta en solución.

% EN PESO	10%	30%	50%
Densidad 15/4	1.111	1.333	1.530
Punto de Congelación(°C)	-10	1	12
Punto de Ebullición(°C)	105	115	140

3.3.2 DISPONIBILIDAD

En la Tabla 3.3 se menciona el número de fabricantes y distribuidores nacionales, si es un producto nacional o de importación y cual es el proveedor recomendado.

3.4 LOCALIZACION DE LA PLANTA.

3.4.1 CONSIDERACIONES.

Para determinar la zona donde se deberá instalar la planta, es necesario hacer un estudio de cual debe ser la capacidad de producción de Acido Sórbito de la planta y tomar en cuenta las características de las materias primas.

3.4.2 TAMAÑO DE LA PLANTA.

El consumo promedio por año de Acido Sórbito durante los cuatro últimos años (1987-1990) es de 280,000 Kg y el crecimiento esperado por año, es de alrededor de 20,000 Kg, llegando a 411,000 Kg en 1995.

Tomando en cuenta que parte del Acido Sórbito se podría transformar en Sorbato de Potasio, proceso que actualmente se lleva a cabo en México por:

QUIMICA HOECHST DE MEXICO
COMPAÑIA UNIVERSAL DE IND. (7)

y que este consumo de Acido Sórbito podría alcanzar los 100,000 Kg por año.

De tal manera la planta se diseñará con una capacidad practica de 500 Toneladas por año.

3.4.3 SELECCION DE LA LOCALIZACION DE LA PLANTA

Como mencionamos con anterioridad, las características de las materias primas, en

Tabla 3.3

PRODUCTO	FABRICANTES NACIONALES	DISTRIBUIDORES NACIONALES	PROVEDOR RECOMENDADO
CROTONALDEHIDO	2	0	GELANESE MEXICANA CHRISTIANSON
CETENA	1	0	GELANESE MEXICANA
TETRAHIDRONAFTALENO	0	2	HENKEL MEXICANA HELM DE MEXICO
ISOVALERIATO DE ZINC	0	0	RSA CORPORATION 100% IMPORTACION
HIDROXIDO DE SODIO	12	25	SOSA TEXCOCO QUIMIVAN

FUENTE : ASOCIACION NACIONAL DE LA INDUSTRIA QUIMICA.

particular de la cetena, sera uno de los factores principales en la elección del lugar donde se instalara la planta productora de Acido Sórbito. Puesto que la cetena es un gas que debido a su estructura molecular presenta características sumamente peligrosas y tiene un valor de toxicidad similar al del fosgeno; TLV 0.1 ppm (8), y a que por estas características se tienen limitaciones en su transportación, se decidió evaluar en primera instancia, en nuestro estudio a la Ciudad Industrial de Celaya Guanajuato, ya que la producción nacional de la cetena se realiza en ese lugar.

Tomando en cuenta que en toda la República Mexicana, existen pequeñas y grandes zonas industriales, y a que la Ciudad Industrial de Celaya es una de ellas, tomaremos en cuenta los siguientes factores de selección para evaluar si es el lugar adecuado:

- a) Terrenos Disponibles
- b) Servicios Disponibles.
- c) Vías de comunicación.
- d) Mano de Obra.
- e) Materias Primas.

Debido a que el tamaño de la Planta es moderado puesto que solo se producirán 700 toneladas por año, no se tendrá una gran demanda de servicios, ni es necesario un gran terreno.

En la Ciudad Industrial de Celaya, se pueden encontrar terrenos de un tamaño adecuado, que no representen una erogación alta, así mismo se tiene disponible el suministro tanto de agua como de energía eléctrica, además de que se comunica con el resto del país por medio de

supercarreteras y servicios de ferrocarril, y a que su distancia a los principales centros industriales es la siguiente:

Coatzacoalcos, Ver.	969 Km.
Guadalajara, Jal.	296 Km.
México, D.F.	274 Km.
Monterrey N.L.	745 Km.
Puebla, Pue.	400 Km.
Querétaro, Que.	52 Km.

Se tiene mano de obra abundante y como factor principal se tiene el suministro en el mismo lugar de una de nuestras materias primas la cetena, por parte de Celanese Mexicana; evitandose con esto los problemas de transportación y disminuyendo en gran medida el costo por flete de la misma.

Debido a que la Ciudad Industrial de Celaya cumple con los factores de selección, será el lugar de producción que se evaluará en este estudio.

CAPITULO IV

BALANCE DE MATERIA

4.1 DESCRIPCION DEL PROCESO

Como ya se mencionó anteriormente existen numerosas rutas para la obtención del Acido Sórbico, las cuales presentan multitud de variaciones alrededor de la ruta clave. En éste capítulo describiremos el proceso que consiste en la reacción del crotonaldehído y la cetena para formar un poliéster el cual es descompuesto térmicamente para producir el Acido Sórbico.

Los reactivos, el solvente y el catalizador, se añaden a un reactor Batch en el cual se lleva a cabo la reacción principal.

Se añade el tetrahidronaftaleno a temperatura ambiente y a presión atmosférica, en una proporción con la cetena de 2.76 : 1 moles; posteriormente se añade en forma directa el catalizador que es el isovalerato de zinc, en una proporción con la cetena de 0.0057 : 1 moles.

A continuación, se añaden al reactor el crotonaldehído y la cetena en una relación de 1.085 : 1 moles, a presión atmosférica y a una temperatura de 25°C.

El reactor Batch tiene un sistema de agitación constante, es calentado y enfriado por medio de aceite térmico y puede operar tanto a presión atmosférica como a vacío.

Una vez que se tiene el reactor cargado, se mantiene la temperatura del mismo alrededor de 25°C, hasta que reacciona la cetena y se forma

el poliéster.

Terminada la reacción, la temperatura del reactor se eleva a 90°C y se baja la presión a 80 mm de Hg, el crotonaldehído que no reaccionó se evapora y es separado de la mezcla con la ayuda de una torre rectificadora. El crotonaldehído mezclado con tetrahidronaftaleno en una proporción de 10% en peso, se condensa y se almacena en un tanque para ser reusado posteriormente.

Una vez retirado el crotonaldehído, se añade Hidróxido de Sodio al reactor en una relación de 20.2 : 1 moles, con respecto a la cetena original.

La mezcla se calienta a 270°C y se produce el rompimiento del poliéster. Los vapores que se producen y que contienen Acido Sórbito se evaporan a vacío (15 mm de Hg) hasta que queda únicamente el 3% en peso del tetrahidronaftaleno que se cargó inicialmente en el reactor.

Los residuos que quedan en el reactor son desechados.

Los productos y el solvente son enfriados a 40°C y almacenados en un tanque de envío, donde son agitados para evitar que comience la cristalización.

Cuando se tiene lista una carga se hace pasar por el cristalizador, donde se enfría la mezcla hasta 0°C; obteniéndose los cristales de Acido Sórbito.

Los cristales obtenidos en el paso anterior

se separan en un filtro prensa y se lavan con agua a 10°C para eliminar los residuos de solvente y se pasan a un secador de charolas donde son secados totalmente.

El tetrahidronaftaleno con aproximadamente un 3% de Acido Sórbico y otros Acidos Hexadienoicos, que sale del filtro prensa, es almacenado en un tanque para ser reusado posteriormente. El tetrahidronaftaleno puede ser usado hasta que el contenido de ácidos rebase el 20% en peso.

4.2 DIAGRAMA DE FLUJO

El diagrama de flujo para la producción del Acido Sórbito se presenta en las figuras 4.1 y 4.2 .

4.2.1 LISTA DE EQUIPOS.

C-01 Condensador de los vapores del crotonaldehido.

C-02 Condensador de los vapores de reacción.

CR-01 Cristalizador. Atmosférico.

F-01 Filtro Prensa.

R-01 Reactor Enchaquetado con Agitador.

S-01 Secador de Charolas.

T-01 Tanque de almacenamiento de tetrahidronaftaleno. Atmosférico.

T-02 Tanque de almacenamiento de crotonaldehido. Atmosférico.

T-03 Tanque de almacenamiento de cetena. Sujeto a Presión.

T-04 Tanque recibidor del crotonaldehido recuperado. Atmosférico.

T-05 Tanque de recuperación del producto de reacción. Atmosférico. Con agitación.

T-06 Tanque recuperador del tetrahidronaftaleno. Atmosférico.

TX-01 Torre rectificadora para la separación del crotonaldehido.

B-01 Bomba de alimentación tetrahidronaftaleno.

B-02 Bomba de alimentación crotonaldehido.

B-03 Bomba de reflujo TX-01

B-04 Bomba de descarga T-05.

B-05 Bomba de alimentación F-01.

Figura 4.1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DEL ACIDO SORBICO

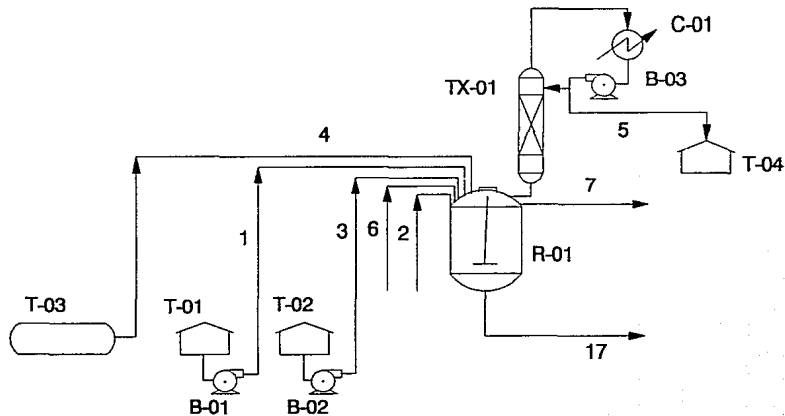
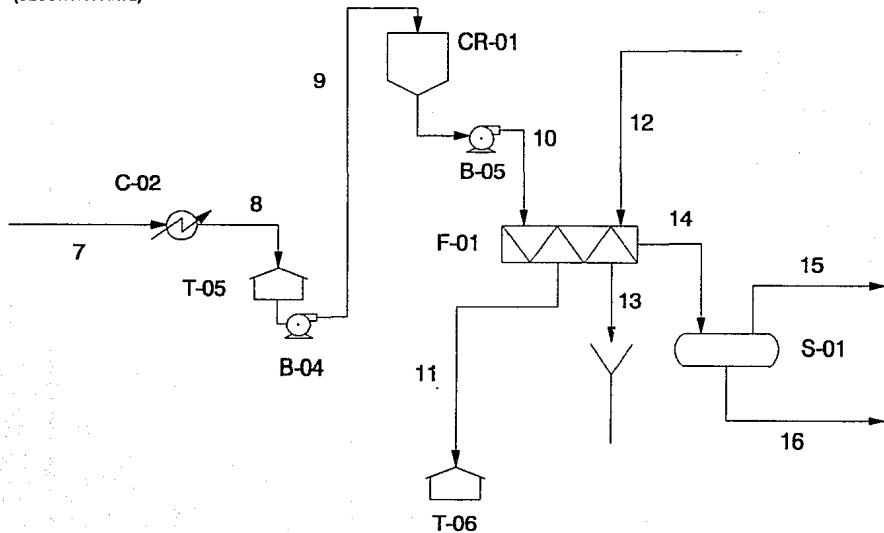


Figura 4.2

DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA PRODUCCION DEL ACIDO SORBICO
(SEGUNDA PARTE)



4.3 BALANCE DE MATERIA

Aún cuando el proceso que estamos estudiando es de tipo intermitente, en el cual no hay un flujo continuo de entrada ni de salida, se puede suponer que el material inicial se introduce al proceso y que el producto final se extrae del mismo. Mediante esta transformación hipotética es posible imaginar un proceso intermitente convertido en un proceso continuo ficticio y se puede hablar de las "corrientes" que entran y salen aún cuando en el proceso real esto suceda, solo después de un largo periodo de tiempo.

Considerando que la planta tendrá una capacidad de producción de 500 TPA y que esta trabajará las 24 horas del día durante 350 días por año, tendremos una capacidad diaria de producción de 1430 Kg.

4.3.1 TIEMPO DE REACCION Y TAMAÑO DEL LOTE

Teniendo en cuenta que el proceso de producción seleccionado implica un proceso por lotes y que el equipo limitante es el reactor R-01, supondremos los tiempos de operación necesarios para completar un lote, de acuerdo a la duración de las siguientes etapas:

Carga de Materiales	0.3 hr.
Reacción	3.0 hr.
Calentamiento	0.2 hr.
Separación Crotonaldehido	0.5 hr.
Calentamiento	1.0 hr.
Evaporación	2.5 hr.
Acondicionamiento y limpieza	0.5 hr.

Total	8.0 hr.

Nota: Datos supuestos por similitud de proceso.

Por lo tanto se puede considerar que se hará un lote en cada turno y que la capacidad del reactor R-01 sera:

$$\begin{array}{rcccl}
 1430 \text{ Kg Ac.Sórbico} & 0.333 \text{ día} & 477 \text{ Kg} & & \\
 \text{-----} & \times & \text{----} & = & \text{----} \\
 \text{día} & & \text{lote} & & \text{lote}
 \end{array}$$

Adicionalmente se considerará que el producto que se tiene en el tanque T-05 también se procesara en forma de lote.

4.3.2 BALANCE DE MATERIA EN EL REACTOR R-01

El balance de materia aquí considerado se hizo tomando en cuenta el reactor R-01, los condensadores C-01 y C-02 y la torre rectificadora TX-01 (Ver figura 4.3).

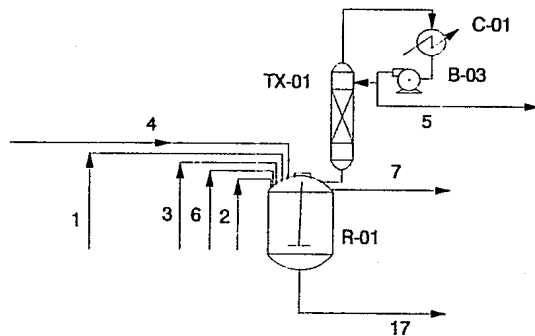
Las corrientes de entrada y salida se indican a continuación tomando como base un lote para producir 477 Kg de Acido Sórbico:

Corrientes de Entrada

Corriente 1	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	1600.0	100	132	12.121	100
Corriente 2	Kg	%	PM	mol	%
Isovaleriato de Zinc	8.5	100	268	0.0317	100
Corriente 3	Kg	%	PM	mol	%
Crotonaldehido	420.0	100	70	6.0	100

Figura 4.3

BALANCE DE MATERIA EN EL REACTOR R-01



60

PM	1		2		3		4		5		6		7		8		17		
	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	Kgmol	% MOL	
CETENA	42	-	0%	-	0%	-	0%	5.548	100%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
CROTONALDEHIDO	70	-	0%	-	0%	-	0%	0.452	84%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
TETRAHIDRONAFTALENO	132	12.121	100%	-	0%	-	0%	0.027	8%	-	0%	11.731	89%	11.731	89%	0.364	53%	-	-
HIDROXIDO DE SODIO	40	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0.275	100%	-	0%	-	0%	0.275	40%
ISOVALERATO DE ZINC	268	-	0%	0.0317	100%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0.032	5%
AQUA	18	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
ACIDO SORBICO	112	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	4.718	28%	4.718	28%	-	0%	-	0%
POLIESTER	2000	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0.018	2%
ACIDOS HEXADIENICOS	112	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	0.555	3%	0.555	3%	-	0%	-	0%
TOTAL		12.121	100%	0.0317	100%	8	100%	5.548	100%	0.478	100%	0.275	100%	17.002	100%	17.002	100%	0.887	100%

Corriente 4	Kg	%	PM	mol	%
Cetena	233.0	100	42	5.548	100

Corriente 6	Kg	%	PM	mol	%
Hidróxido de Sodio	11.0	100	40	0.275	100

La reacción se presenta a continuación :

Acido Sórbico
528.17 Kg
4.716 Kg mol

+

Cetena
233 Kg
5.548 Kg mol

Crotonaldehido
31.64 Kg
0.452 Kg mol

+ -----> +

Crotonaldehido
420 Kg
6 Kg mol

Acidos Hexadienoicos
62.14 Kg
0.555 Kg mol

+

Poliester
30.96 Kg
0.0155 Kg mol

Una vez terminada la reacción de formación del poliester se procede a eliminar el crotonaldehido que no reaccionó y posteriormente se procede a efectuar el rompimiento térmico del poliester.

Corrientes de Salida:

Corriente 5	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	3.51	10	132	0.027	5.6
Crotonaldehido	31.64	90	70	0.452	94.4
	-----			-----	
	35.15	100		0.479	100

Corriente 8	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	1548.5	72.4	132	11.731	69.0
Acido Sórbito	528.2	24.7	112	4.716	27.7
Acidos Hexadienoicos	62.1	2.9	112	0.555	3.3
	-----			-----	
	2138.8	100		17.002	100

Corriente 17	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	48.00	48.8	132	0.364	53.0
Poliester	30.96	31.4	2000	0.016	2.3
Hidróxido de Sodio	11.00	11.2	40	0.275	40.1
Isovalerato de Zinc	8.50	8.6	268	0.032	4.6
	-----			-----	
	98.46	100		0.687	100

Se tiene que las entradas son iguales a las salidas:

Corriente 1	1600.00 Kg	Corriente 5	35.15 Kg
Corriente 2	8.50 Kg	Corriente 8	2138.80 Kg
Corriente 3	420.00 Kg	Corriente 17	98.46 Kg
Corriente 4	233.00 Kg		
Corriente 6	11.00 Kg		
Total	2272.50 Kg		2272.41 Kg

4.3.3 BALANCE DE MATERIA EN EL FILTRO F-01

El balance de materia aquí considerado se hizo tomando en cuenta el cristalizador CR-01. y el filtro prensa F-01 (Ver figura 4.4).

Las corrientes de entrada y salida se indican a continuación tomando como base un lote para producir 477 Kg de Acido Sórbito:

Corrientes de Entrada

Corriente 9	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	1548.5	72.4	132	11.731	69.0
Acido Sórbito	528.2	24.7	112	4.716	27.7
Acidos Hexadienoicos	62.1	2.9	112	0.555	3.3
	-----			-----	
	2138.8	100		17.002	100

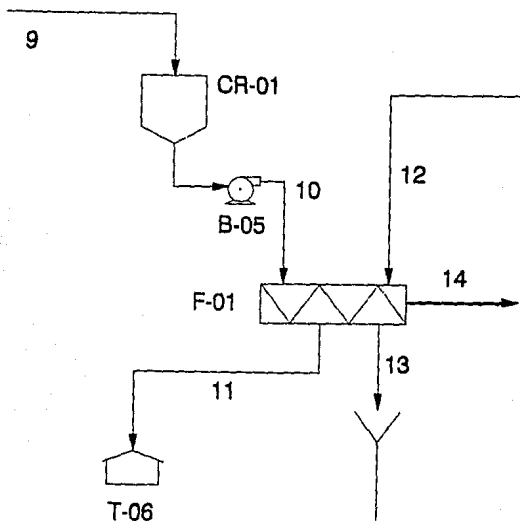
Corriente 12	Kg	%	PM	mol	%
Agua	1800.0	100	18	100.0	100

El Acido Sórbito diluido en el solvente se introduce en el cristalizador CR-01, donde se disminuye la temperatura de la mezcla a cero grados centígrados y se produce la cristalización del mismo.

Una vez terminada la cristalización la mezcla se hace pasar por el filtro F-01, donde se retienen los cristales de Acido Sórbito. El solvente y los ácidos hexadienoicos se envían al tanque T-07, donde son almacenados para ser reutilizados posteriormente. Se asume que la concentración del Acido Sórbito en los filtrados es iguales al 3.8% en peso.

Figura 4.4

BALANCE DE MATERIA EN EL FILTRO F-01



	9		10		11		12		13		14		
	Kgmol		Kgmol		Kgmol		Kgmol		Kgmol		Kgmol		
PM	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	
CETENA	42	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
CROTONALDEHIDO	70	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
TETRAHIDRONAFTALENO	132	11.731	89%	11.731	89%	11.496	92%	-	0%	0.235	0%	-	0%
HIDROXIDO DE SODIO	40	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
ISOVALERIATO DE ZINC	268	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
AGUA	18	-	0%	-	0%	-	0%	100	100%	99	100%	1	19%
ACIDO SORBICO	112	4.718	28%	4.718	28%	0.417	3%	-	0%	0.04	0%	4.26	81%
POLJESTER	2000	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%	-	0%
ACIDOS HEXADIENICOS	112	0.555	3%	0.555	3%	0.555	4%	-	0%	-	0%	-	0%
TOTAL		17.002	100%	17.002	100%	12.468	100%	100	100%	99.275	100%	5.26	100%

A continuacion se lavan los cristales de Acido Sórbito con agua , en una relación en peso de 3.41 : 1 con respecto al Acido Sórbito. Se considera que el 2% del tetrahidronaftaleno de la corriente 9, quedó con los cristales de Acido Sórbito y que éste es removido con el agua. Puesto que la solubilidad del Acido Sórbito en agua a 30°C es de solo 0.25%, la perdida del mismo por el proceso de lavado es practicamente nula.

0.25 Kg Ac.Sórbito

----- X 1800 l Agua = 4.5 Kg Ac.
100 l Agua Sórbito

El Acido Sórbito se humedece absorbiendo el 1% del agua original.

Corrientes de Salida:

Corriente 11	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	1517.5	93.3	132	11.496	92.2
Ac. Hexadienoicos	62.1	3.8	112	0.554	4.4
Acido Sórbito	46.7	2.9	112	0.417	3.4
	-----			-----	
	1626.3	100		12.467	100

Corriente 13	Kg	%	PM	mol	%
Tetrahidronaftaleno	30.9	1.7	132	0.235	0.2
Acido Sórbito	4.5	0.2	112	0.040	0.1
Agua	1782.0	98.1	18	99.000	99.7
	-----			-----	
Total	1626.3	100		99.275	100

Corriente 14	Kg	%	PM	mol	%
Acido Sórbico	477.0	96.4	112	4.260	81.0
Agua	18.0	3.6	18	1.000	19.0
	-----			-----	
Total	495.0	100		5.260	100

Se tiene que las entradas son iguales a las salidas:

Corriente 9	2138.80 Kg	Corriente 11	1626.33 Kg
Corriente 12	1800.00 Kg	Corriente 13	1817.47 Kg
		Corriente 14	495.00 Kg
Total	3938.80 Kg		3938.80 Kg

4.3.3 BALANCE DE MATERIA EN EL SECADOR S-01

El balance de materia aquí considerado se hizo tomando en cuenta el secador S-01. (Ver figura 4.5).

Las corrientes de entrada y salida se indican a continuación tomando como base un lote para producir 477 Kg de Acido Sórbico:

Corrientes de Entrada

Corriente 14	Kg	%	PM	mol	%
Acido Sórbico	477.0	96.4	112	4.260	81.0
Agua	18.0	3.6	18	1.000	19.0
	-----			-----	
	495.0	100		5.260	100

El Acido Sórbico es llevado a sequedad.

Corrientes de Salida:

Corriente 15	Kg	%	PM	mol	%
Agua	18.0	100	18	1.000	100

Corriente 16	Kg	%	PM	mol	%
Acido Sórbico	477.0	100	112	4.260	100

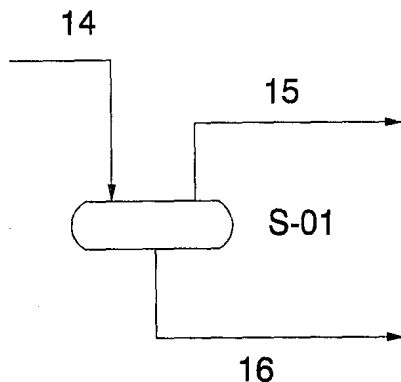
Se tiene que las entradas son iguales a las salidas:

Corriente 14	495.00 Kg	Corriente 15	18.00 Kg
		Corriente 16	477.00 Kg

Total	495.00 Kg		495.00 Kg
-------	-----------	--	-----------

Figura 4.5

BALANCE DE MATERIA EN EL SECADOR S-01



PM	14		15		16		
	Kgmol		Kgmol		Kgmol		
	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	LOTE	% MOL	
CETENA	42	-	0%	-	0%	-	0%
CROTONALDEHIDO	70	-	0%	-	0%	-	0%
TETRAHIDRONAFTALENO	132	-	0%	-	0%	-	0%
HIDROXIDO DE SODIO	40	-	0%	-	0%	-	0%
ISOVALERIATO DE ZINC	268	-	0%	-	0%	-	0%
AGUA	18	1	19%	1	100%	-	0%
ACIDO BORBICO	112	4.26	81%	-	0%	4.26	100%
POLESTER	2000	-	0%	-	0%	-	0%
ACIDOS HEXADIENICOS	112	-	0%	-	0%	-	0%
TOTAL		5.26	100%	1	100%	4.26	100%

CONCLUSIONES

Después de haber estudiado la situación presente del Acido Sórbito a nivel tanto nacional como internacional y haber estimado la demanda futura interna, podemos deducir que existe en México un mercado que justifica el hacer un estudio de factibilidad económica que complemente a esta tesis desde el punto de vista financiero.

Se estudiaron cinco formas de producción industrial y se profundizó en la investigación de las dos que se han usado recientemente en el mundo capitalista, seleccionándose entre ellas la reacción de la cetena y el crotonaldehído y rompimiento térmico, la cual es usada con pequeñas variaciones por todos los productores actuales, puesto que se considero que presenta características especiales que se adaptan a las condiciones actuales del mercado nacional.

Las ventajas del proceso seleccionado fueron el tener una forma de producción mas sencilla y mas barata, y el contar con información bibliográfica mas explicita sobre los puntos clave del proceso.

La información técnica se obtuvo a partir de diversas patentes de producción y purificación del Acido Sórbito, y que en el caso seleccionado son propiedad de Hoechst AG en Alemania.

Un elemento de suma importancia para una planta es su localización, por esta razón y por los riesgos y problemas que implica el transporte de la cetena se decidió instalar la

planta en la Ciudad Industrial de Celaya, pues en esa misma ciudad se encuentra el único productor nacional.

Es importante considerar adicionalmente que como uno de los reactivos es un material sumamente tóxico, no fue posible hacer experimentalmente el proceso y por lo tanto y debido a que no se encontraron en la bibliografía algunos de los datos clave, se tuvieron que hacer una serie de supuestos para continuar con el trabajo, los cuales deben ser verificados, en laboratorio y posteriormente a nivel de planta piloto, antes de hacer el estudio de factibilidad económica.

Por ultimo, en el caso de no poder obtener la cetena de Celanese Mexicana o bien el no poder instalarnos en la Ciudad Industrial de Celaya, se recomendaria el importar la dicetena y disociarla para obtener cetena, o bien el añadir otro paso a nuestro proceso y producir nuestra cetena a partir de ácido acético, por medio de una pirolisis catalizada con sulfato de amonio.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- MERCK INDEX
10a EDICION
- 2.- Kirk-Othmer
ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
2a y 3a Ed.
- 3.- Wingrove-Caret
QUIMICA ORGANICA
HARLA
- 4.- Lange
HANDBOOK OF CHEMISTRY.
HANDBOOK PUBLISHERS, 9a Ed
- 5.- CHEMICAL WEEK
SORBIC ACID: TAMED IN TWO TRIES
AGOSTO 15 DE 1955
- 6.- Ullmann's
ENCYCLOPEDIA OF INDUSTRIAL CHEMISTRY.
ED. GERHARTZ, 5a Ed.
- 7.- US PAT, 2,484,067
PRODUCTION OF UNSATURATED ORGANIC
COMPOUNDS.
ENERO DE 1949.
- 8.- US PAT, 3,499,029
PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF SORBIC
ACID.
MARZO DE 1970, ASIGNADA A HOECHST
- 9.- US PAT, 3,022,342
PROCESS FOR THE MANUFACTURE OF SORBIC
ACID.
FEBRERO DE 1962, ASIGNADA A HOECHST

- 10.- US PAT, 2,887,496
PRODUCTION OF ORGANIC ACIDS FROM ALDEHYDES.
MAYO DE 1959, ASIGNADA A UNION CARBIDE
- 11.- US PAT, 2,484,067
PRODUCTION OF UNSATURATED ORGANIC
COMPOUNDS.
OCTUBRE DE 1949, ASIGNADA A UNION CARBIDE
- 12.- US PAT, 3,642,885
ISOMERIZATION OF CIS-CIS OR CIS-TRANS-2,4-
HEXEDIENOIC ACIDS TO SORBIC ACID.
FEBRERO DE 1972, ASIGNADA A HOECHST
- 13.- LA CONSERVACION DE ALIMENTOS
CON ACIDO SORBICO
QUIMICA HOECHST.
- 14.- DIRECTORIO DE LA INDUSTRIA QUIMICA
MEXICANA
ANIQ 1990
- 15.- ANUARIO ESTADISTICO DE LA INDUSTRIA
QUIMICA MEXICANA
ANIQ 1990
- 16.- Perry and Chilton.
CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK
MCGRAW-HILL, 5a Ed.
- 17.- Himmemlblau
PRINCIPIOS Y CALCULOS BASICOS DE LA
INGENIERIA QUIMICA
CECSA
- 18.- Badui
QUIMICA DE LOS ALIMENTOS
Alhambra Mexicana

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1.- Kirk-Othmer
ENCYCLOPEDIA OF CHEMICAL TECHNOLOGY
3a Ed.
- 2.- MICROFICHAS DE SECOFI
- 3.- MICROFICHAS DE SECOFI
- 3A.- FUENTE DIRECTA
- 4.- CHEMICAL MARKETING REPORTER
ENERO DE 1991
- 5.- CHEMICAL WEEK
AGOSTO 15 DE 1955
- 6.- DIRECTORIO DE LA INDUSTRIA QUIMICA
MEXICANA
ANIQ 1990
- 7.- IDEM 6
- 8.- HAZARDOUS CHEMICALS DATA BOOK
NOYES 2a Ed.