

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA Y TEXTIL



“ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UNA
PLANTA DE EXTRACCION DE PECTINA A PARTIR DE LA
CASCARA DE NARANJA”

TESIS

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO QUIMICO

PRESENTADO POR:

JESUS JORGE LUJAN BARQUERO

LIMA-PERU

2008

El presente trabajo esta dedicado a:

Mis padres, Lizandro y Biviana por su apoyo incondicional de toda la vida

Mis hijos, Ibeth, Marcel y Danitza, fuente de motivación

Mi compañera, Martha, por su constante apoyo y estímulo para culminar esta labor

Quiero expresar mi agradecimiento a todas aquellas personas que contribuyeron a la culminación del presente trabajo, en especial a las siguientes personas:

A mi asesor de tesis, el Ing. Emilio Porras por su apoyo y excelente orientación.

Al Ing. Mario Garayar por su asesoría en la etapa inicial del estudio

Al Ing. Teodoro Cárdenas por sus atinadas observaciones sobre la parte fisicoquímica del estudio

Al Ing. Emerson Collado por su sentido práctico de las cosas.

Un agradecimiento especial a uno de mis mejores maestros, que incentivo mi espíritu de investigación en Fisicoquímica, el ya fallecido Ing. Oscar Almenara.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Importancia del problema	1
1.2. Estudio de la materia prima y el producto	2
1.2.1. La naranja	
1.2.2. Características botánicas	3
1.2.2.1. Componentes orgánicos	4
1.2.2.2. Usos	6
1.2.3. Ubicación de las zonas de cultivo	7
1.2.4. Producción de la naranja	8
1.3. El producto	8
1.3.1. Materias pécticas en las plantas	9
1.3.2. Estructura química	10
1.3.3. Especificaciones y usos	11
1.3.3.1. Especificaciones	11
1.3.3.2. Propiedades químicas y físicas	12
1.3.3.3. Usos	17
1.3.4. Precios de mercado	18
1.3.5. Consumidores	18
1.3.6. Exportación del producto	20
1.3.7. Proyección de la demanda	20
II. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PRODUCTO	23
2.1. Preparación de la materia prima	23
2.2. Extracción	23
2.3. Separación del producto	24
2.4. Concentración	24
2.5. Estandarización	25
2.5.1 Estandarización y calidad de las pectinas	25
2.6. Parámetros que influyen en el proceso	30
2.7. Normas alimentarias y alimenticias	30
III. INGENIERIA DEL PROYECTO	32
3.1. Descripción del proceso a nivel industrial	32

3.2. Diseño, selección y especificaciones de los los equipos	35
3.3. Flow-sheet de la planta industrial	60
IV. LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA	61
4.1. Vías de acceso	61
4.2. Disponibilidad	61
4.2.1. Mano de obra	61
4.2.2. Materia prima	62
4.2.3. Servicios (agua, corriente eléctrica combustible)	62
4.3. Impacto ambiental	63
4.3.1 Desechos sólidos	63
4.3.2 Desechos líquidos	63
4.3.3 Normas de prevención y control ambiental del alcohol etílico	64
4.4. Ordenanzas y licencia municipal	64
V. ANÁLISIS ECONOMICO	67
5.1. Inversión	67
5.1.1. Activo fijo	67
5.1.2. Inversión fija	67
5.1.3. Capital de trabajo	69
5.2. Costo total del producto	69
5.2.1. Costos de fabricación	69
5.2.2. Gastos generales	71
5.3. Estado de ganancias y pérdidas	74
5.4. Flujo neto de fondos	75
5.5. Rentabilidad	76
5.5.1. Valor actual neto (VAN)	76
5.5.2. Tasa interna de retorno (TIR)	76
5.5.3. Relación beneficio-costos	77
5.6. Análisis de sensibilidad	77
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
VII. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS	89

RESUMEN

El presente estudio muestra información estructurada, sistematizada y documentada del estudio a nivel de prefactibilidad del proyecto “Estudio de Prefactibilidad para la Instalación de una Planta de Pectina a partir de la Cáscara de Naranja”

El trabajo se inicia dando una información detallada de las características botánicas de la materia prima (naranja), así como de las propiedades físicas y químicas del producto, en este caso la pectina; para luego proceder a describir el procedimiento para el estudio de mercado de la pectina en nuestro medio así como a nivel latinoamericano, pues parte de la producción durante los primeros 9 años se exportara a países vecinos, los cuales no son productores de Pectina.

Lo antes mencionado lleva a que se tenga una producción anual de 252 TN los cuales se distribuirán de tal manera que las ventas nacionales alcancen un crecimiento anual promedio del 3%, hecho que permitirá que al décimo año la entera producción sea comercializada localmente pues los márgenes de utilidad son superiores a los de la exportación.

Puesto que la fuente de materia prima (la naranja), se cultiva de manera abundante y durante casi todo el año en Chanchamayo, la Planta estará ubicada en esta provincia, del departamento de Junín. La referida ciudad produce naranja valencia, que es precisamente el tipo de naranja apropiada para la obtención de pectina. El área estimada para la, Planta será de 1000 m².

La producción estimada de 252 TN anuales permite hacer el cálculo de la cantidad de toneladas de cáscara de naranja necesarias así como la de ácido clorhídrico y alcohol que son parte del proceso. Los datos previos permiten hacer el diseño de los equipos necesarios así como la determinación de sus respectivas especificaciones

La Inversión Total de Capital con recursos propios será de US\$ 5 462 701 los cuales estarán distribuidos como; Inversión de Capital que asciende a US\$ 4 966 092 y el Capital de Trabajo a US\$ 496 609.

La evaluación económica demuestra que los indicadores económicos dan cifras que permiten concluir que el proyecto es rentable pues los valores obtenidos así lo demuestran: VAN = MMUS\$ 6,051, TIR = 33%, la relación beneficio-costos (B/C) = 4,215.

Lo antes expuesto permite concluir que el proyecto es rentable y que por lo tanto se recomienda para su realización a nivel de factibilidad.

INTRODUCCION

1.1. Importancia del problema

En el mercado nacional la pectina es un insumo utilizado en la industria alimenticia, especialmente en la fabricación de yogurt y mermeladas, con pequeñas aplicaciones en caramelos, gomas de mascar, así como también en la industria farmacéutica.

Los mayores consumidores compran el producto por medio de importación directa, mientras que el resto de consumidores realizan la compra del producto a través de distribuidores locales, los cuales a su vez también compran la pectina vía importación de pedido directo.

Los principales abastecedores internacionales son Dinamarca, USA y México siendo el consumo anual a nivel nacional de aproximadamente 180 TM.

En los últimos 5 años el consumo de pectina se ha multiplicado principalmente por el aumento de consumo de yogurt. Actualmente en latinoamericana solo existe un fabricante de pectina, la cual es extraída de la cáscara de naranja, éste tiene sus plantas de producción en Brasil (Braspectina/Hércules), no existiendo ningún proyecto en la subregión del Pacto Andino para la instalación de alguna planta productora de pectina.

La demanda total de la subregión para el año 2000 fue de aproximadamente 800 TM. En vista de la carencia de fabricantes en la subregión, está justificado el presente estudio con el propósito de abastecer el mercado nacional además de existir la posibilidad de exportación a países vecinos, por la ventaja de las exoneraciones arancelarias, así como también por los menores costos en fletes. (El costo por tonelada de puerto brasilero al Callao es tan alto como de Europa al Callao).

1.2. Estudio de la Materia Prima y el Producto

1.2.1. La Naranja

Etimológicamente la palabra "naranja" procede del árabe "naranch" y esta del persa "narang". En cuanto al origen de la gran mayoría de

especies de cítricos no se conoce con exactitud debido principalmente a que se han utilizado y diseminado por el hombre desde hace muchos años, sobre todo en Asia que es considerado el continente de origen. Se sabe que el naranjo dulce ha sido cultivado en China durante siglos, alcanzando este cultivo en aquel país un gran desarrollo y perfección antes que fuera conocido en Europa. Generalmente se atribuye la importación del naranjo dulce a los portugueses, quienes tras descubrir la ruta del Cabo de Buena Esperanza alcanzaron la China y la India en donde debieron encontrar el naranjo dulce que trajeron a su país extendiéndose desde allí el resto de Europa. Establecidos los agrios en Europa, su transporte y propagación en el Nuevo Mundo corrió a cargo de los portugueses y españoles.

Cristóbal Colón en su segundo viaje a América las llevó entre otras sembradas en los establecimientos de la Española y la Isabela (1,493). La implantación de los agrios en América se hizo al mismo ritmo que el descubrimiento y la conquista. Puede decirse que a mediados del siglo XVI los agrios se habían extendido por todas las Antillas y territorios de Centroamérica, siendo introducidos en la Florida en el año 1565. Aunque el descubrimiento del Brasil tuvo lugar en el año 1500, se cree que la llegada del naranjo a aquellos territorios debió ser sobre el año 1530, en que puede decirse que comenzó la colonización del país por los portugueses. Los cítricos fueron introducidos desde España al Perú a mediados del siglo XVI. Fueron plantados inicialmente en el valle del río Rimac y en algunos valles de la Costa Norte, luego se llevaron a los valles cálidos interandinos y de allí a las vertientes orientales de los Andes (Selva Norte) y finalmente en épocas relativamente recientes hacia algunas áreas de la Selva Baja en la cuenca del río Amazonas. Durante la mayor parte de este tiempo todos los árboles cítricos eran de pie franco, pero durante los últimos 90 años ha aumentado la cantidad de árboles injertados de variedades conocidas.

1.2.2 Característica Botánicas

Los cítricos pertenecen a la familia de las Rutaceas, subfamilias amantroides las cuales presentan un sinnúmero de géneros y especies siendo la de mayor interés el género Citrus. Dentro de este género se encuentra la especie Citrus Sinensis que es la naranja dulce.

La naranja presenta una cáscara exterior que sirve principalmente como cobertura para la pulpa interior o las partes jugosas de la fruta. En el interior se encuentran gajos distribuidos alrededor de un corazón blando que forma el eje central de la fruta que tiene la misma estructura que la del ovario. Las partes jugosas de la fruta madura son vesículas en forma de bastón, que se encuentran muy unidos, llenando completamente los gajos y fijados a las membranas por pequeñas papilas que parecen pelos. Estas vesículas multicelulares en su estructura tienen una membrana muy delgada que además del jugo poseen cromatóforos que dan el color amarillo. Además, los gajos de la naranja, en la mayoría de las especies contienen semillas fijadas a las membranas por placentas ubicadas en el encuentro con el corazón de la fruta.

La cáscara consiste en una parte exterior coloreada (flavedo) y una interior blanca y esponjosa de células parenquemáticas (albedo) que se adhieren a la membranas exteriores de los gajos. La capa epidermal de células que componen el flavedo contienen numerosas vesículas de aceite y cromatóforos.

Las sustancias que dan la acidez al jugo se encuentran principalmente en las membranas capilares, en los grupos vasculares, en el meollo esponjoso y en los tejidos interiores del albedo. Las semillas contienen limonin, que comunican un sabor amargo. Las sustancias y enzimas pécticas se encuentran principalmente en la cáscara exterior. La enzima oxidante peroxidasa se encuentra también, principalmente en los grupos vasculares de las cáscaras.

Existen dos variedades principales dentro de esta especie:

a) Washington Navel.- Es en realidad la única variedad sin semilla que se cultiva en la Costa Central. La fruta es redondeada y ligeramente achatada con un peso promedio de 200 gr. El porcentaje de jugo varía de 40-45% aunque esta característica así como su color y contenido de sólidos solubles varíen bastante con el porta injerto utilizado y las condiciones climáticas.

El zumo recién exprimido de la naranja NAVEL tiene un sabor agradable, pero a los pocos minutos, comienza a adquirir un sabor amargo que es debido a la limonina.

La presencia de limonina impide el uso extenso de esta variedad en la industria del zumo.

b) Valencia.- Es considerada como la segunda variedad en importancia en el país, y la más cultivada en la selva. La fruta es casi redonda y pesa un promedio de 220 gr. la naranja tiene un promedio de cuatro a seis semillas aunque buen número de ellas no presenta ninguna. La pulpa es de color anaranjado, el porcentaje de jugo varía de 46-55% del peso del fruto, sus sólidos solubles son en promedio del 10% y la acidez expresada en ácido cítrico total varía alrededor de 1%. En la variedad Valencia la sustancia limonina que origina el sabor amargo desaparece cuando alcanza la madurez comercial.

Esta variedad ocupa una posición dominante en la industria de cítricos, por su buen rendimiento de jugo tanto en calidad como en cantidad

1.2.2.1. Componentes Orgánicos

Se tienen los siguientes:

a) Pectinas.- Presentes principalmente en la cáscara exterior en pequeñas cantidades de naturaleza coloidal que al pasar al jugo lo enturbian. La turbiedad está estabilizada por la cantidad y estado de no degradación de las pectinas presentes. La viscosidad depende de la concentración y grado

de polimerización de la pectina y del pH así como de las sales existentes.



Fig.1.1 Recolección de Naranjas Valencia

- b) **Sustancias Nitrogenadas.**- La cantidad de proteínas contenida en los frutos es baja. En la pulpa de naranja los principales aminoácidos son; arginina, lisina o histidina. En frutos enteros maduros el N total varía entre 0,05 y 0,10% siendo mayor en las naranjas y menor en los limones, sin embargo existen variaciones muy grandes según las prácticas de cultivo, fertilización madurez y otras circunstancias.
- c) **Enzimas.**- Las enzimas oxidantes y las pectinas son las que más se conocen, siendo de acción específica. Así en la hidrólisis de la sacarosa para originar glucosa y fructosa, interviene la invertasa.



- d) **Lípidos.**- Los lípidos de las vesículas y del zumo exprimido influyen en las características de este. Las vesículas están

recubiertas de una capa cerosa cuya composición es semejante a la de la cera de la piel. Además contienen otros lípidos que pasan al zumo cuando este es exprimido, quedando emulsionados o formando parte de las partículas sólidas en suspensión. El contenido de lípidos del zumo es del orden de 0,07- 0,10% (70-100 mg / 100 ml). Está formado por monoglicéridos, diglicéridos, triglicéridos, ácidos grasos libres, fosfolípidos, glicolípidos e insaponificables.

- e) Vitamina C.- La principal vitamina de las frutas cítricas es la vitamina C (ácido ascórbico). Se encuentra en abundancia en el albedo y en el endocarpio (pulpa) y solo alrededor de la cuarta parte aparece en el zumo. En una naranja entera de tamaño medio, 200-250 mg pueden haber de vitamina C.
- f) Carotenoides.- El color amarillo o anaranjado de la piel pulpa o zumo de los frutos cítricos, se debe a los carotenoides que están localizados en cromoplastos. El color rojo de las naranjas sanguinas se debe a anticianos además de los carotenoides. La mayor cantidad de carotenoides está en el flavedo y aumentan con la maduración al mismo tiempo que se degrada la clorofila

1.2.2.2. Usos

Desde sus comienzos la industria de los agrios ha sido orientada de muy diversas maneras. Desde hace algunos años estas industrias, como la industria de la naranja se orientan tomando como base fundamental los jugos, considerando las esencias, pulpa y corteza como subproductos. De las cortezas se obtiene un excelente pienso representando los demás subproductos buenos ingresos en la explotación. Así en la industria de naranja se obtiene diversos productos como los siguientes

- a) Zumo concentrado.- Producto obtenido a partir del zumo de naranja, mediante la eliminación por procedimiento físico de

una parte de su agua de constitución.

- b) Zumo de naranja deshidratado.- Es la conversión de zumo de naranja en un polvo instantáneo mediante la eliminación total del agua que contiene el zumo de naranja. Este es utilizado en la elaboración de mermeladas, refrescos y gelatinas.
- c) Aceite esencial.- Es un producto odorífico de naturaleza oleosa que se encuentra localizado regularmente en la corteza de la fruta y cuyo principal componente es el D-limoneno. Los aceites esenciales se usan principalmente como saborizantes en la fabricación de bebidas carbonatadas, productos de pastelería, confitería y otros.
- d) Elaboración de mermeladas.- La elaboración de mermeladas y jaleas a partir de los cítricos y especialmente de naranja constituye una forma importante de aprovechamiento de estas frutas. Las mermeladas pueden prepararse exclusivamente a partir de naranja o en mezclas con otras frutas. Las mermeladas se diferencian de las jaleas en que las primeras incluyen parte de la pulpa y cáscara de la fruta mientras que la segunda se fabrica a partir del jugo refinado.
- e) Fabricación de pectina.- Los residuos de la industrialización de la naranja, *especialmente la cáscara*, constituye una de las materias primas de mayor importancia en la obtención de pectinas, tomando como base la fruta fresca, la cáscara de los cítricos contiene entre 3-5% de *pectina*.
- f) Forraje cítrico deshidratado.- Es obtenido por tratamiento de los desechos de la extracción del jugo y aceites, tales como la corteza, pulpa y semillas de la naranja. Es un producto utilizado en la alimentación de ganado por su contenido de carbohidratos y pectinas, además del alto coeficiente de digestibilidad que es superior a otros forrajes.

1.2.3 Ubicación de la zonas de cultivo

En el Perú los departamentos de Lima y Junín son los que tiene

mayor producción de naranja seguidos de Puno e Ica. Los valles de mayor producción son los de Chanchamayo, San Ramón y Satipo en Junín, mientras que en Lima son Huaral, Chancay y Cañete



Fig.1.2 Plantaciones de Naranja en el Valle de Chanchamayo

Las cifras de producción por toneladas mostradas en el cuadro N° 1 del anexo N° 1 confirman que la fuente de abastecimiento adecuada de materia prima es el departamento de Junín especialmente la zona del valle de Chanchamayo.

1.2.4. Producción de la Naranja

La producción de naranja en la zona de Junín es casi todo el año, lo cual garantiza la provisión de materia prima, es decir de cáscara de naranja la cual será obtenida de los fabricantes de jugos de naranja.

1.3. El Producto

La pectina fue descubierta en 1825 por el químico Francés Braconnot, en los jugos de las frutas y recibió dicho nombre derivado del griego pectos, que significa “solidificado, cuajado” a causa de su facilidad de gelatinizarse. Pero no fue hasta inicios del siglo XIX que la fabricación de pectinas en gran escala había empezado, la mayoría de ellos en forma líquida, que fueron producidas a partir de los desechos de la manzana en

la preparación de la sidra.

La pérdida de su capacidad gelificante por almacenamiento y sus altos costos, limitaron el potencial creciente de este producto líquido.

La primera pectina cítrica fue vendida en los Estados Unidos en 1924 y en 1926 la bolsa de cultivadores de fruta de California, construyeron una planta en Corona, California, para la fabricación de pectina a partir de los limones.

El proceso de fabricación de pectina luego se desarrolló por el método de precipitación coloidal obteniéndose la pectina en forma de polvo blanco estandarizado.

En la actualidad, las cáscaras de los cítricos son la materia prima de mayor uso para la manufactura de la pectina, siendo los principales productores de esta sustancia USA, Dinamarca, Inglaterra, Brasil y Suiza.

1.3.1. Materias Pécticas en las Plantas

En la mayoría de los tejidos de plantas y frutos inmaduros la mayor porción de material péptico, está presente en forma insoluble en agua, comúnmente conocida como protopectina, la que es abundante en los espacios intercelulares, laminillas centrales de los tejidos vegetales. Durante la maduración de las frutas, la protopectina insoluble es gradualmente transformada en una forma más soluble en agua (pectina). En general las sustancias pécticas están formando la parte comestible de las plantas y tejidos jóvenes, especialmente la piel de frutos carnosos así como en la porción interna blanca esponjosa.

En los tejidos jugosos de las plantas la cantidad de sustancias pécticas es de 0,5 - 1,0 % del peso fresco, en la corteza de los frutos cítricos llega a 3-4%. Tanto la despolimerización como la desmetilación de la pectina ocurre en algunas frutas a medida que maduran influyendo en su capacidad de formar gel. Es así que una completa desmetilación da lugar al ácido péptico, que es incapaz de formar gel, mientras que la despolimerización produce también una

caída en la viscosidad de la solución de pectina, cuando se hidroliza

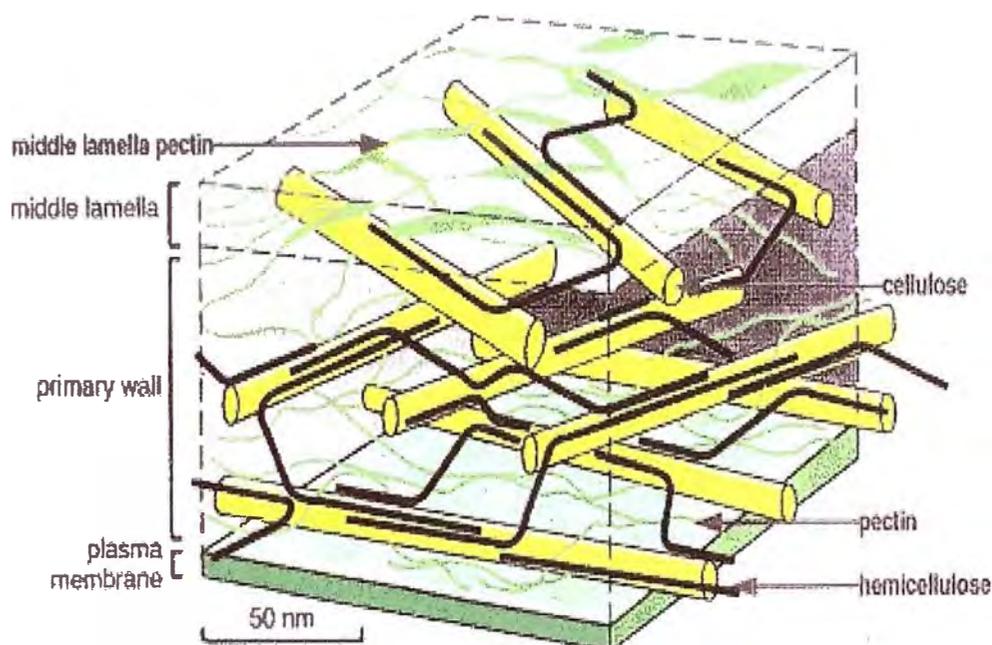


Fig. 1.3 Estructura de la Pectina en la Cáscara de Naranja

sólo una fracción de los enlaces glucosídicos en el polímero.

Cierto número de frutas son buena fuente de pectina de alta calidad y de ácidos tales como la manzana agria, guayabas, limones y cidra, las manzanas dulces, ciruelas, pasas, naranjas y el membrillo son también ricas en pectina aunque deficientes en ácido.

1.3.2. Estructura Química

La pectina es un polisacárido complejo de naturaleza ácida, que se halla en muchos materiales vegetales, de los cuales se puede extraer con agua caliente, ácidos o ciertos agentes acomplejantes. La estructura detallada de la pectina varía según la materia prima de donde se extrae, esta corresponde a moléculas de ácido poligalacturónico parcialmente esterificado.

La pectina es un coloide reversible que tiene la propiedad de embeber grandes cantidades de agua. Respecto a nomenclatura la American Chemical Society estableció la siguiente terminología:

Pectinas de bajo contenido de metoxilo: Son pectinas con un

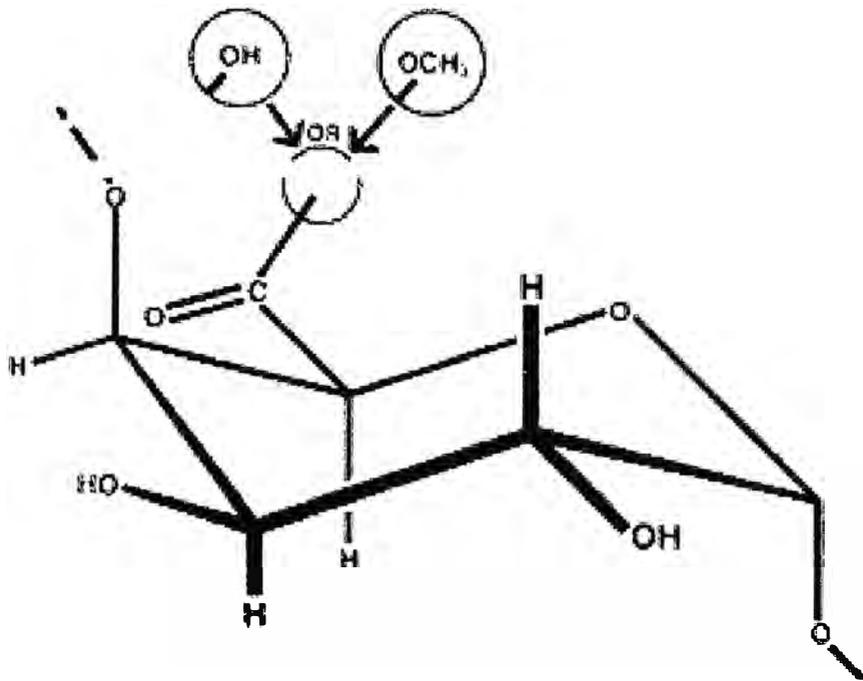


Fig. 1.4 Estructura Tridimensional del Acido Galacturónico

grado de metoxilación inferior al 50%. Son las únicas que forman geles a bajas concentraciones de sólidos y lo hacen solamente en presencia de ciertos cationes como el calcio; el azúcar no es esencial con este tipo de pectinas. (Fig.1.6)

1.3.3.2. Propiedades Químicas y Físicas

a) Propiedades Químicas: Las pectinas obtenidas de diferentes fuentes varían considerablemente en su capacidad para formar geles, en virtud de las distintas longitudes de sus cadenas de ácido poligalacturónico, que pueden incluir desde algunas Unidades a varios centenares. EL ácido galacturónico, representa un peso molecular de 1000 a 100 000; además del diferente grado de esterificación de sus grupos carboxilos con el alcohol metílico. La presencia de grupos carboxilos libres da lugar a que soluciones de pectina exhiban un pH de 2,7-3,0.

Sustancias pécticas: Son carbohidratos coloidales complejos que se hallan en las plantas, formadas por cadenas de moléculas de ácido galacturónico unidos por enlace glucosídicos. Algunos grupos carboxílicos de ciertos eslabones de ácido galacturónico están esterificados por grupos metilo.

Protopectina: Sustancia péctica en agua que se halla en las plantas que por hidrólisis restringida da ácidos pécticos.

Ácidos Pectínicos: Son ácidos poligalacturónicos de naturaleza coloidal en los que algunos carboxilos se hallan esterificados por radicales metilo. El vocablo pectina designa ácidos pectínicos que contienen por lo menos 7-8% de metoxilo y son capaces de formar geles con azúcar o con otros componentes polihidroxilados y ácido, en adecuadas condiciones.

Ácidos Pécticos: Nombre que se da a los ácidos poligalacturónicos que no tienen grupos carboxílicos esterificados. Las sustancias pécticas son polímeros lineales del ácido galacturónico que tienen una parte más o menos amplia de grupos carboxilo esterificados por radicales metilo y los restantes grupos carboxílicos existen en forma libre; donde la unión de las moléculas existen de forma libre; donde la unión de las moléculas es glucosídica. Su grupo fundamental es el ácido aldehído carbonílico que por reducción da lugar a la D-galactosa.

1.3.3. Especificaciones y Usos

1.3.3.1. Especificaciones

Clasificación de pectinas

Según el grado de metoxilación:

Pectinas de gelación rápida: poseen un grado de metoxilación de al menos el 70%. Forman geles al adicionarse ácido y azúcar a un pH óptimo de 3,0-3,4 a temperaturas relativamente elevadas.

(Fig.1.5)

Pectinas de gelación lenta: Son aquellas que poseen un grado de metoxilación del 50-70%, forman geles al adicionar azúcar y ácido a pH de 2,8-3,2 y a temperaturas inferiores.

Diversas Estructuras de Pectinas Comerciales

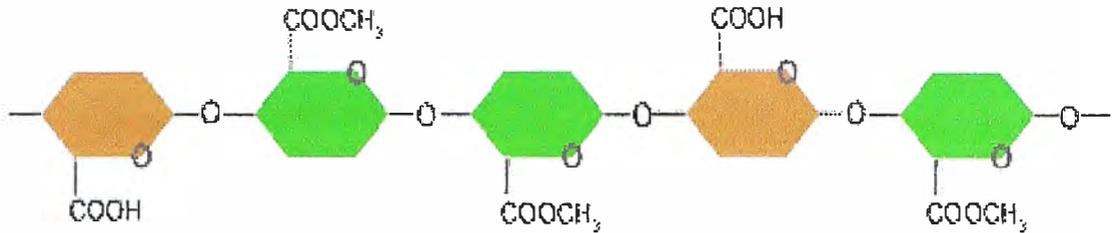


Fig.1.5 Estructura Molecular de la Pectina HM (Alto Metoxil)

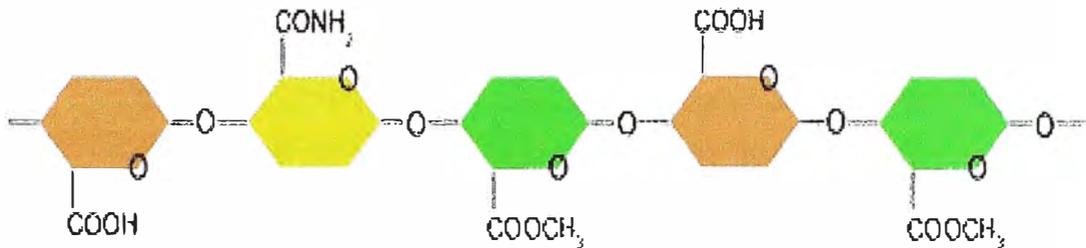


Fig.1.6 Estructura Molecular de la Pectina LM (Bajo Metoxil)

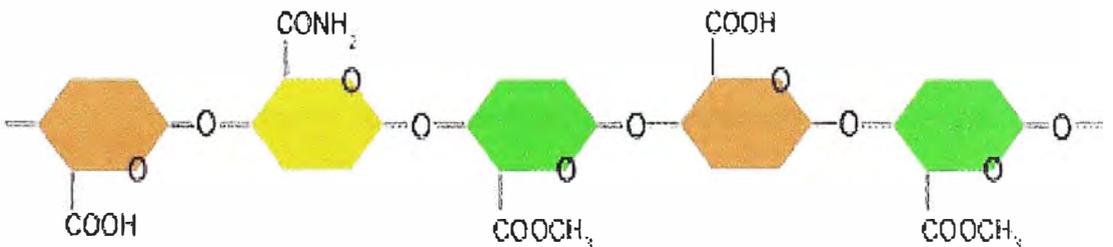


Fig. 1.7 Estructura de Pectina Amidada.

Algunos de los grupos hidroxilos secundarios de las unidades de ácido galacturónico de pectina están esterificados con ácido acético. La presencia de grupos acetil tiene un marcado efecto en la habilidad de formación de un gel. Estudios realizados, muestran que las jaleas preparadas con pectina conteniendo cerca de 5% de acetil no melificaron en varias semanas; mientras con 3,5-4% dieron geles débiles, siendo restablecido el

poder gelificante con niveles de alrededor de 2,4% de acetil.

El nivel de pectinas comerciales de manzana y cítricos es bueno por debajo de 1%, y tiene poca influencia en el comportamiento del gel.

b) Propiedades Físicas:

Coagulación: Los polisacáridos y otros polímeros solubles en agua pueden ser coagulados por adición de compuestos orgánicos y sustancias inorgánicas, especialmente electrolitos. Se conoce que la susceptibilidad de los ácidos pectínicos a la coagulación, se incrementa cuando el peso molecular aumenta y decrece el grado de esterificación. Las moléculas pécticas llevan cargas eléctricas negativas (poli electrolito débil), cuando se reducen las cargas los filamentos de pectina tienden a precipitar.

La floculación óptima de ácidos pectínicos por otros polímeros, especialmente bases poliméricas puede ser esperada cuando la carga negativa total de las uniones poliméricas corresponden a la carga positiva de los cationes poliméricos. Ya que la disociación y la carga de los electrolitos débiles están influenciadas por el pH, las condiciones para la coagulación óptima también dependerán de este. De acuerdo a Deuel (1965), los ácidos pectínicos no son precipitados por el calcio cuando su grado de esterificación es mayor de 50%.

La precipitación con sales de calcio, plomo o cobre pueden ser usados para recuperar las pectinas de bajo contenido de metoxilo de las soluciones acuosas, mientras que es frecuente el uso de cloruro o sulfato de aluminio para la precipitación de pectinas de alto contenido de metoxilo con un grado de esterificación de hasta 80%. La coagulación de sustancias pécticas de las soluciones acuosas por adición de etanol o acetona es de amplio uso pues estas sustancias actúan como agentes deshidratantes.

La acetona produce un coágulo más firme y filamentoso, pero al comparar ambos precipitados se encuentra una gran cantidad de materiales no urónicos, encerrados en el precipitado formado por la adición de acetona.

Hidratación: Existe una fuerte relación entre la solubilidad y la capacidad de hidratación de los coloides hidrofílicos. En muchos casos el hinchamiento es paso previo a la solubilización. El grado de hinchamiento depende de la estructura de la red, el peso molecular, el grado de esterificación, la presencia de cadenas laterales, el pH y la presencia de sales en el agua.

La capacidad de hinchamiento de las sustancias pécticas crece con el incremento del peso molecular, grado de esterificación y pH.

Solubilización: Las pectinas deben ser completamente disueltas para que exhiban un máximo poder formador de jalea o gel es decir dar su máxima viscosidad. La pectina humedecida con etanol o acetona puede ser fácilmente suspendida en el agua sin amontonamientos, así como disolverse fácilmente durante la agitación continua, cuando el etanol o acetona se diluyen por el agua circundante.

Las pectinas de bajo contenido de metoxilo se coagulan por el calcio estas tienen que ser solubilizadas en agua con un bajo contenido de calcio. La solubilidad de la pectina decrece con el incremento en la longitud de la cadena y con el decrecimiento en el contenido de los grupos metoxilo. La dispersión y solubilización se promueven cuando la cantidad requerida de pectina se mezcla con 5 a 8 veces su peso de azúcar granulada.

Para obtener una solubilización completa de las pectinas en las mermeladas o en la fabricación de jaleas, es aconsejable que la mayor parte del azúcar se añada después que la

pectina se haya disuelto durante el calentamiento o ebullición.

Viscosidad: La viscosidad de las soluciones acuosas de los ácidos pectínicos es independiente del peso molecular grado de esterificación, presencia de electrolitos, pH y concentración.

Usualmente el decrecimiento del grado de esterificación está acompañado de una caída de la viscosidad, sin embargo cuando se compara la viscosidad causada por los ácidos pectínicos de alto contenido de metoxilo con sus derivados de bajo contenido de metoxilo, es necesario tener en cuenta que durante la saponificación puede ocurrir algún rompimiento de las cadenas poligalacturónicas. Así la disminución de la viscosidad por una desesterificación parcial que se reporta en muchos casos, puede ser causado en parte por alguna despolimerización. Para ácidos pectínicos de alto contenido de metoxilo, la disminución del pH, y la viscosidad aumenta con la disociación de carbonilos o altos valores de pH. Los ácidos pectínicos en estado ionizado tienen una viscosidad muy superior y por tanto un peso molecular aparentemente más elevado. Al ionizarse cada uno de los carboxilos los repele al carboxilo próximo, la molécula va estirándose y la viscosidad aumenta. La viscosidad es un indicador de la calidad y cantidad de pectina presente.

1.3.3.3. Usos

a) En alimentos: Como formadores de gel, espesadores para suspender sólidos, agentes productores de cuerpo y como emulsificadores. Es usada como estabilizador de quesos, mejorando la calidad y conservación; así como también de helados, ayudando a prevenir el congelamiento del agua, el cual causa cristalización inhibiendo al material de un congelamiento brusco y disparejo (Kira y Othmer, 1962).

Como agente emulsificante de aceites comestibles, para producción de mayonesa y de aceites esenciales para la manufactura de compuestos aromáticos (Braverman , 1967).

Las pectinas de alto contenido de metoxilo, tienen aplicación especial para la fabricación de conservas de fruta, jaleas y mermeladas y en los últimos años en la fabricación de yogurt. Las jaleas y otro tipo de conserva de fruta, generalmente prefieren la pectina de fijado lento que se convertirá en gel lentamente, permitiendo así llenar los contenedores, empacar el producto y almacenarlo. Las pectinas de rápido fijado se utilizan en la fabricación de jugos de fruta, pues contribuyen a mantener en suspensión las finas partículas de pulpa que le dan turbidez (Cheftel, 1976) .Las pectinas de bajo metoxilo, son de especial interés en alimentos que tienen pocos sólidos solubles, tales como conservas dietéticas y jaleas.

Probablemente su mayor uso en la actualidad está, al menos en nuestro medio, en la fabricación de mermeladas y sobre todo de manera significativa en la elaboración de yogurts.

- b) En farmacia: como emulsionante en la preparación de ungüentos, polvos , tabletas y cosméticos . Además se usa como sustituto del plasma sanguíneo y en la cicatrización de heridas .Es un eficaz contra veneno en las intoxicaciones con Metales pesados (mediante formación de sales) y como Agente antidiarreicos (Kira y Othmer, 1962).

1.3.4 Precios de Mercado

Una manera usual de obtener los precios de la pectina en el mercado, es a través de los distribuidores mayoristas como Montana, Química Anders, Danisco etc. comparándolos a su vez

con los precios internacionales conseguidos a través de la Superintendencia Nacional Tributaria (SUNAT). La información obtenida para el precio de la pectina en los últimos meses es en promedio de US\$ 12,2/kg como precio FOB y el precio promedio de US\$ 12,5/kg para el precio CIF

Por otro lado localmente la pectina se comercializa localmente través de distribuidores (importadores) al precio promedio de US\$ 20/kg. Estos precios servirán como referencia para estimar la competitividad y factibilidad del presente estudio.

Las cantidades de pectina importadas en el período 2000-2006 se presentan en el anexo del capítulo correspondiente.

1.3.5. Consumidores

Como ya antes se ha referido los compradores se pueden dividir en dos grupos:

- a) Aquellos que hacen sus compras a través de pedido directo de importación en algunos casos por retraso de sus embarques compran localmente (Gloria) a distribuidores (Danisco, Montana)
- b) Un grupo de importadores-distribuidores los cuales venden a su vez a fabricantes de mermeladas y yogurt que solo compran localmente a estos distribuidores.

Una estimación del mercado potencial, lo cual incluye los posibles compradores (importadores), sus consumos y los precios promedio internacionales (FOB, CIF) de la pectina, se ha obtenido a partir de los datos de la SUNAT a la cual se puede tener libre acceso por medio especificar la partida arancelaria de la pectina, así como el período de importación (ver Anexo N° I)

La partida arancelaria de la pectina de acuerdo a la Nandina está registrada bajo el subtítulo de "Pectina y Pectinatos" con el número de partida 1302. 20. 0000.

Mediante este procedimiento se ha obtenido los datos que aparecen en el cuadro N° 4 del anexo I en el cual se ve una tendencia ascendente del consumo de la misma siendo la importación nacional

en el año 2006 de 150 TN y posiblemente el 2007 de 170 TN.

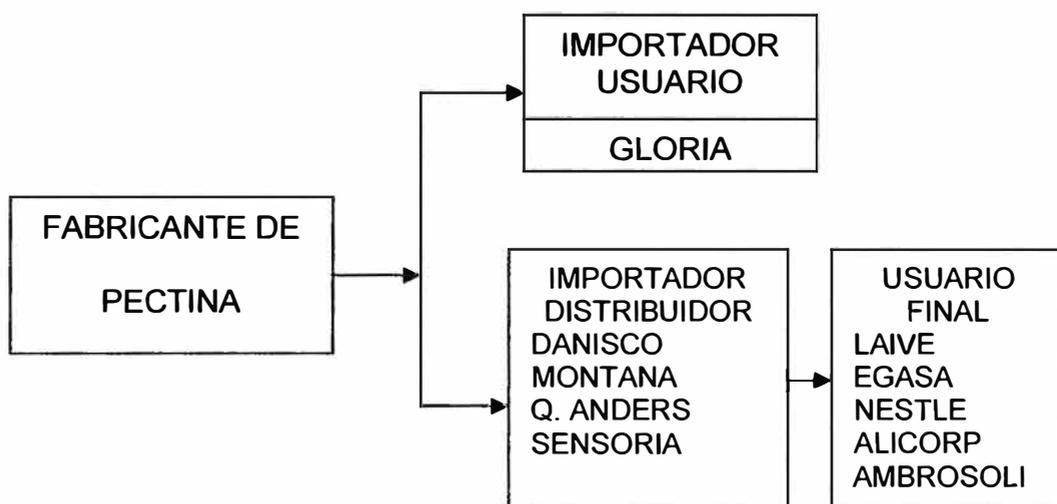


Fig. 1.8 Distribución de la Pectina en el mercado peruano
Los datos antes mencionados permiten obtener un esquema de cómo se comercializa la pectina en nuestro medio. Lo cual muestra que casi 140 TN se comercializan a través de distribuidores a nivel local. y 30 TN los importa una sola empresa (Gloria).

1.3.6. Exportación del Producto

Puesto que la planta tiene capacidad para producir mas de 250 TN anuales de pectina y considerando la posibilidad de cubrir el 80% del mercado nacional de manera razonable el excedente (100 TN) se puede colocar en el mercado extranjero, siendo una gran posibilidad el mercado argentino el cual tiene un consumo de cerca de 400 TN anuales los cuales son totalmente importados al no existir fabricantes de pectina en dicho país.

La labor de exportación es una actividad mas compleja que la de importación, pues aparte de conocer los precios internacionales del producto a exportar, se requiere una serie de requisitos que debe llenar el producto, como certificado de sanidad que en nuestro medio lo otorga DIGESA, hoja técnica y certificado de análisis del lote de

producción, certificado de origen que lo otorga la Cámara de Comercio de Lima, y los llamados certificados de embarque, (Bill of Loading).

Los posibles clientes del producto se pueden conseguir a través de la Cámara de Comercio de Lima donde en boletines se presentan las ofertas exportables. ADEX y PROMPEX son otras buenas alternativas como medios para ofrecer el producto y conseguir ya sea los posibles consumidores finales o lo que usualmente ocurre, la venta a través de un Broker del país a exportar.

La introducción de un nuevo producto en el mercado, es una labor lenta que puede demorar entre 3 a 6 meses sin embargo con los precios competitivos esta tarea se puede reducir en el tiempo.

1.3.7. Proyección de la Demanda

Los datos obtenidos a partir de los cuadros N° 3 y N° 4 (anexo I) nos permiten estimar un consumo potencial total de 250 TN de los cuales 110 TN serían destinados a la exportación. Por otro lado una proyección más exacta de exportación a nivel latinoamericano se puede estimar obteniendo datos en las agregadurías comerciales de las respectivas embajadas de los países a los cuales se pretende exportar.

El incremento de pectina en los últimos años se ha debido a la tendencia mundial de mantener una dieta Light, dentro de la cual es parte significativa el Yogurt, el cual ahora se consume en envases de un litro, ya no solo por la población infantil en pequeños envases de 50 mL sino por la población adulta, preocupada por mantenerse en forma saludable. Obviamente esta conclusión se desprende del hecho de que el más grande importador de pectina como usuario final, sea la empresa Gloria, la cual es el más grande fabricante de Yogurt en sus diversas presentaciones. Sin embargo debe tenerse en cuenta que el fabricante de pectina, Danisco (empresa danesa) ha puesto una filial de comercialización en nuestro país, la cual actualmente importa de su filial en México cerca de 100 TN y los comercializa localmente. Esto muestra que la mayoría de los consumidores de pectina compran localmente a este gran distribuidor, por lo tanto el precio de referencia

de competencia será el ya mencionado de US\$ 20/kg.

El precio de US\$ 18/kg facilitara la entrada del producto en el mercado nacional, obviamente garantizando la calidad de la pectina, la cual debe cumplir los estándares internacionales, así como realizar diversas pruebas con la pectina obtenida, en las diversas plantas de los fabricantes de Yogurt y Mermeladas

El excedente de producción cerca de 100 TN, como ya se ha manifestado, se exportará ya que el mercado sudamericano es de alrededor de 1000 TN de pectina, el cual se ira reduciendo hasta que al décimo año la entera producción será exclusivamente para el mercado nacional pues el margen de utilidades es mayor con comercialización nacional que con la exportación

Puesto que el costo de la pectina por el método propuesto es de US\$ 5,75/kg todavía seria manejable el precio pues el precio FOB es en promedio de US\$ 12/kg teniendo una ventaja competitiva respecto al flete que proviene de Europa (Danisco), USA (Hercules) o México, países que son productores de pectina

Respecto a la proyección para años venideros la tendencia se puede cuantificar tomando como referencia las proyecciones que tiene Gloria, pues es el mayor consumidor de pectina en el país. En la publicación sobre sus estados financieros correspondientes al año 2006 informan que han experimentado un crecimiento respecto al año 2005, que consiste en Yogurt (24,4%), jugos (45,6%) y derivados lácteos (72,2) las cuales en conjunto suman el 16,9 % de las ventas totales de la empresa. La empresa sostiene que este crecimiento se mantendrá este año pues su crecimiento se debe en gran parte al incremento de sus exportaciones, lo cual garantizara el crecimiento de sus compras de pectina.

La tendencia de las importaciones muestra que se puede esperar razonablemente un incremento del 10% anual, en los consumos de pectina a nivel nacional. Mientras que para cumplir las metas de ventas proyectadas se ha estimado un crecimiento anual del 3 % según se

muestra en el cuadro 5.3 de la evaluación económica.

II. PROCESO DE OBTENCIÓN DEL PRODUCTO

Las materias primas más importantes como fuentes comerciales de pectina son las cáscaras de frutos cítricos (limón, naranja, cidra y toronja) y bagazos de manzana y membrillo. Los métodos usados para la fabricación de pectinas de alto metoxilo, comprenden las siguientes etapas:

2.1. Preparación de la materia prima

La materia prima se somete a un escaldado para inactivar las enzimas pectinolíticas; pero antes de este proceso, a las cáscaras de los cítricos se les debe retirar el aceite esencial y eliminar mediante un lavado con agua fría, los restos de glucósidos amargos. Estas materias primas se deshidratan, por lo que se puede disponer de ellas durante todo el año

Hidrólisis de la protopectina y disolución de la pectina:

La extracción se efectúa empleando ácidos minerales (ácido clorhídrico, sulfúrico, fosfórico y nítrico), ácidos orgánicos (cítrico láctico y tartárico) o sustancias de igual poder hidrolizante, como los polifosfatos.

Las condiciones de trabajo:

La relación de materia prima - agua, el pH, la temperatura y el tiempo, deben ser controladas para realizar la extracción con mayor eficiencia. La relación de materia prima - agua, debe ser tal que la extracción se efectúe en una sola etapa y permita un fácil manejo de la filtración posterior. La acidez debe regularse según las características de la fruta que se vaya a emplear, de manera que sea la temperatura de ebullición del agua. El tiempo no debe prolongarse demasiado, para evitar la degradación de la molécula de pectina. Estos tres últimos factores deben conjugarse para extraer la mayor cantidad de pectina, con la mínima degradación posible.

2.2. Extracción

Los fabricantes modernos de pectina recomiendan la extracción de la pectina con agua caliente acidificada. La cantidad y calidad de la pectina de una materia prima específica, depende hasta cierto punto de la apropiada selección y las condiciones de extracción. El extracto es aclarado por centrifugación y filtraciones, el último paso es una filtración

especial para asegurar una completa transparencia en la aplicación.

2.3. Separación

La precipitación de la pectina en la solución, se puede hacer con alcohol en una solución concentrada (2-4%) de pectina (es la mas usada a nivel industrial por los grandes fabricantes), o con una sal de aluminio en una solución diluida (0,3-0,5%) de pectina. Cuando la pectina es aislada como aluminio pectinato, se debe seguir la precipitación con un lavado de alcohol acidificado para convertir el aluminiopectinato a la forma ácida y posteriormente neutralizarla con alcohol ligeramente alcalino. La pectina obtenida por estos procesos es la pectina de alto grado de esterificación. Este tipo de pectina solo forma gel con un nivel de sólido soluble superior a aproximadamente 55%. Las pectinas de bajo grado de esterificación, que forma geles en la presencia de iones de calcio independientemente del nivel de sólidos solubles, es obtenida por una desesterificación controlada de pectinas de alto grado de esterificación en condiciones ácidas o alcalinas. Si se usa el amoniaco para desesterificar la pectina, algunos grupos amida se introducen y se obtiene lo que se denomina pectina amidada.

En principio los procesos de fabricación son operaciones simples pero existen muchos conocimientos acumulados obtenidos durante la ejecución práctica de dichos procedimientos que son celosamente guardados por los fabricantes.

2.4. Concentración

Luego de la precipitación de la pectina con la aplicación de alcohol etílico esta tiende a precipitar en forma de un hidrocoloide. La solución conteniendo el ácido clorhídrico y una cantidad significativa de alcohol se separa y por destilación se recupera para su reutilización posterior.

El gel luego se somete a varios etapas de lavado con alcohol y ácido diluido respectivamente para finalmente ser secada por atomización hasta un nivel de polvo fino

2.5. Estandarización

Las pectinas son estandarizadas por los fabricantes para asegurar que

los usuarios siempre consigan la misma fuerza de gel en sus productos y en el mismo punto del proceso de producción, siempre que la pectina se use bajo las mismas condiciones. Esto se logra mezclando la pectina obtenida con azúcar en una proporción de 1 a 5, lo cual evita la tendencia de la pectina a formar grumos debido a su gran tendencia higroscópica.

2.5.1. Estandarización y calidad de las pectinas

Poder gelificante: Desde el punto de vista alimentario, la propiedad más importante de las pectinas es su capacidad de formar geles, los caracteres de un gel dependen esencialmente de la longitud de la molécula péctica y su grado de metilación. Para un mismo contenido en pectina del gel final, la longitud de la molécula condiciona su rigidez o firmeza. Por debajo de una cierta longitud molecular, una pectina no da geles cualquiera que sea la dosis empleada y las restantes condiciones del medio. El grado de metilación, contribuye por un lado de regular la velocidad de gelificación, pero debido fundamentalmente a la influencia de los enlaces entre moléculas pécticas, también es responsable de algunas propiedades organolépticas de los geles pecticos azúcar - ácido.

Degradación de la pectina: Las pectinas una vez liberados de sus enlaces con la celulosa, pueden degradarse según dos procesos:

Despolimerización: Originado por la acción de las enzimas hidrolasas (pectinasas, pectino-hidrolasas, etc.) o el calentamiento en medio ácido, produciendo la escisión de la cadena en trozos más cortos. El rompimiento se lleva a cabo en los restos de ácido galacturónico no metilado. La polimetilgalacturonidasa es la única capaz de atacar una cadena pectica metilada.

Desmetilación: Por acción de los álcalis, aún en frío o de las pectinometilesterasas, transformando la pectina en ácido péptico insoluble en agua. También el calentamiento en medio ácido produce la desmetilación. La degradación alcalina puede ocurrir a pH tan bajo como 6,8 produciéndose pectinas menos deseables como agentes espesantes en alimentos de poca acidez (aproximadamente pH 7,0)

procesados en caliente. También se produce degradación por acción de agentes Oxidantes como peróxido, peryodatos, permanganato, dicromato, Halógenos libres y ácido ascórbico presente en muchos frutos que son fuente de sustancias pécticas.

Temperaturas altas, producen rompimiento de la cadena de unidades de ácido galacturónico; lo que provoca la reducción del poder gelificante cuando las pectinas están en solución, es más fácil que se produzca esta degradación irreversible. Las sustancias sólidas con menos de 10% de humedad permanecen casi inalterable por mucho tiempo, cuando se almacena a temperaturas de 18 a 22°C.

Teoría de Gelificación

Como las pectinas son hidrocoloides fuertemente hidratados que se encuentran en solución, las moléculas de agua están unidas por enlaces hidrógeno a los grupos hidroxilados de la cadena polimetilgalacturónica. Así mismo las moléculas pécticas llevan cargas eléctricas negativas, lo que las conduce primero a estirarse aumentando la viscosidad de la solución y segundo a rechazarse una con otra, Estos factores concurren para mantener la molécula en estado disperso. Cuando se reducen las cargas e hidratación, los filamentos de pectina tienden a precipitarse, se aproximan entre ellos y se entrelazan entre si formando una red tridimensional amorfa, sólida que retiene entre sus mallas la fase líquida.

Los geles de pectina pueden dividirse en dos grupos: aquellos con un alto contenido de azúcar (mayor a 50%), que se utilizan con pectinas de alto contenido de metoxilo, y geles con bajo contenido de azúcar para pectinas de bajo metoxilo.

a) Pectinas de alto contenido de metoxilo

Para la formación de gel de pectina con alto contenido de metoxilo (mayor al 7%) se requieren las siguientes condiciones:

La repulsión electrostática entre las moléculas de pectina, tiene que descender por disminución de la disociación de grupos carboxilos.

- La sacarosa o compuestos similares tiene que ser añadidos en cantidades suficientes. El líquido mínimo de contenido de azúcar es considerablemente alto. La formación del gel depende de la actividad del agua y del balance de la carga eléctrica en la pectina dispersada coloidalmente y altamente hidratada. Los agregados de pectina llevan una carga negativa en la solución, la función del azúcar para controlar la actividad del agua, desequilibra el balance pectina-agua por competencia de la pectina por el agua. El incremento de pH, reduce la carga negativa de la pectina, desordenando además el balance de pectina- agua y causando que se forme el gel.

Algunos investigadores consideran que las cadenas de las moléculas de pectina en los geles están unidas por enlaces hidrógeno como se muestra en la figura 1.4. La continuidad de la malla formada por la pectina y la densidad de las fibras, dependen de la concentración de pectina, a mayor concentración más densas son las fibras en la estructura. La concentración de la pectina depende de la calidad de la misma.

Por lo general se necesita ligeramente menos del 1%. La relación que debe existir entre el contenido de sólidos solubles y la actividad que ejerce la acidez (pH), para obtener geles de diferentes concentraciones se muestra en la figura. Con las pectinas de alto contenido de metoxilo el rango de pH para obtener un buen gel de mermeladas, está entre 2,9-3,6; a valores mayores de 3,6 se puede formar parcialmente el gel pero desperdiciando mucha pectina mientras que por debajo de 2,9 se produce la "sinéresis" fenómeno por el cual se rompe el gel y una fase acuosa se separa del mismo.

La rigidez de la malla es influenciada por la concentración de azúcar que varía entre 60-80% y la acidez. Con aumento de la concentración de azúcar la estructura soporta menos agua. Mientras que la flexibilidad de las fibras en la estructura está

controlada por la acidez del sustrato. Condiciones muy ácidas dan lugar a una estructura flexible del gel, o destruyen la estructura por acción de la hidrólisis de la pectina. La baja acidez da fibras débiles incapaces de soportar el líquido y el gel se rompe.

b) Pectinas de bajo contenido de metoxilo

Las pectinas de bajo contenido de metoxilo (3-5%) forman geles a baja concentración de azúcar o en ausencia de azúcar y sobre un amplio rango de acidez. La formación del gel con este tipo de pectina se produce también con la presencia de iones calcio en concentraciones bajas, pero si la concentración de calcio es demasiado alta, precipita en forma granular y no forma gel (Cruess, 1958). Este tipo de gel se forma debido a la habilidad de los iones calcio divalente para formar puentes de enlaces cruzados entre grupos carboxilos de moléculas de pectina adyacentes o vecinas (Glicksman, 1969). La cantidad de calcio por gramo de pectina requeridos en estos geles acuosos, está influenciado por la forma de preparación de éstas pectinas así el número de miligramos de calcio es de 4 - 10 por gramo de pectina desmetiladas por enzimas, 15 - 30 gramos para las pectinas hechas por el proceso de amoníaco - etanol y de 30 - 60 gramos para las preparadas por saponificación en ácido. Cuando el contenido de calcio de las jaleas es elevado puede causar la sinéresis (Doesburg, 1965).

Calidad de la pectina

La calidad de una pectina está relacionada con sus propiedades fisicoquímicas, determinándose principalmente por el contenido de ácido anhidrogalacturónico, contenido de metoxilo, contenido de acetil, grado de esterificación, peso molecular, grado de gelificación, tiempo y temperatura de gelificación (Villalobos, 1988). Para comercializarlas se estandarizan a 100, 150 y 200 grados, donde el grado de pectina, representa el peso de azúcar por el cual una parte del peso de pectina, bajo condiciones

adecuadas formará una jalea satisfactoria (Ranganna, 1977).

El término grado de pectina, no se refiere a la calidad en su manera usual de pureza o color, sino que se refiere al valor de la pectina en su aplicación.

Contenido de ácido anhidrogalacturónico: Indica la pureza de una pectina comercial, así como el porcentaje de otros materiales orgánicos presentes, generalmente polisacáridos neutrales. Según Sunkist Growers (1959), el nivel de este ácido debe ser mayor de 74% calculado en base seca.

Contenido de metoxilo: Es importante en el control del asentamiento, su poder combinante con iones metálicos y de la habilidad para formar geles. De acuerdo a Sunkist Growers, debe ser mayor de 6.7% calculado en base seca.

Grado de esterificación: Representa el número de grupos carboxilos esterificados

Peso molecular: Puede emplearse para caracterizar la pectina rigurosamente (Nelson et al, 1977).

Tiempo de gelificación: El requerido para que la jalea tome una rigidez prescrita, bajo condiciones controladas de temperatura (Glicksman, 1969).

Temperatura de gelificación: Aquella temperatura de asentamiento o solidificación.

Contenido de acetil: Un contenido de acetil de no más de 1%, es recomendado por FAO (1975), por encima de este nivel afecta la habilidad gelificante de la pectina

Pectinas de alto grado de esterificación.

Las pectinas HM comerciales son caracterizadas por, y estandarizadas para, igualar el grado de la fuerza del gel y cantidad de azúcar que se puede gelificar en un gel específico. Se utilizan diversos métodos para medir la fuerza del gel, sin embargo el más comúnmente usado es el método SAG, donde el cual mide la deformación por la gravedad de un gel desmoldeado.

Otros métodos determinan la fuerza de rompimiento del gel pero son poco usados.

2.6. Parámetros que influyen en el proceso

La extracción de la pectina de la cáscara de naranja, logra su máxima eficiencia, cuando esta se realiza en medio ácido con un pH que puede variar en un rango de 2 - 3 y la relación de las masas cáscara- ácido logra su mejor rendimiento cuando están en la proporción 1/16. La temperatura para realizar la hidrólisis es a 60°C. El solvente para obtener la precipitación de la pectina en forma de un gel es el alcohol etílico, el cual debe tener una concentración en la mezcla del 60%.

2.7. Normas sanitarias y alimenticias

Aunque la pectina no es consumida como un producto alimenticio, se le considera un aditivo alimenticio y por lo tanto su utilización y dosificación esta normada por la "Norma General del Codex para los Aditivos Alimenticios" (GSFA, Codex STAN 192-1995) el cual establece las condiciones en que se pueden utilizar aditivos alimentarios autorizados en todos los alimentos.

En nuestro medio la entidad rectora sobre normas de alimentos es DIGESA (Dirección General de Salud y Alimentos), esta autoriza la producción y comercialización de productos y aditivos alimenticios, otorgando certificados sanitarios, estableciendo para ello un procedimiento administrativo para la obtención del mismo.

DIGESA por otro lado brinda asesoría sobre procedimientos de buenas prácticas para lo cual viene desarrollando actividades de difusión y aplicación de los principios del Sistema de Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control (HACCP) .de su sigla en inglés "Hazard análisis and Critical Control Points" utilizándose como un instrumento para la producción segura de los alimentos y bebidas de consumo humano.

El proceso de difusión del HACCP se está operando en dos niveles: en la industria de productos hidrobiológicos y agroindustriales y en la pequeña y microempresa de alimentos.

DIGESA además proporciona propuestas de Buenas Prácticas de Higiene (BPH) y un Programa de Limpieza, Desinfección que son los prerrequisitos para una adecuada implementación del sistema HACCP.

Si bien es cierto que en nuestro medio aun no está muy difundido el referido método de control, en el presente estudio se debe tomar en cuenta, pues parte de la pectina será exportada, hecho que implica una rigurosa exigencia en normas sanitarias.

El HACCP descansa sobre los siguientes principios

1. Efectuar un análisis de peligros e identificar las respectivas medidas
2. Identificar los Puntos Críticos de Control (PCC)
3. Establecer límites críticos para las medidas preventivas asociadas con Controlar (monitorear) cada PCC
4. Establecer acciones correctivas para el caso de desviación de los límites
5. Establecer procedimientos de verificación
6. Establecer un sistema para registro de todos los controles.

La aplicación del método no es una tarea sencilla por lo tanto es necesario obtener asesoría para su aplicación.

Una alternativa inmediata sería contar con los servicios de DIGESA pues ella brinda asesoría y capacitación necesaria para la aplicación de HACCP en los procesos de producción de la industria nacional.

III. INGENIERIA DEL PROCESO

Existe una diversidad de métodos de extracción de pectina de diferentes fuentes, siendo las mas usadas a nivel comercial las de extracción a partir de la manzana y de la cáscara de naranja.

Algunos de aquellos métodos presentan un alto rendimiento, tanto a nivel de laboratorio así como a nivel de planta piloto incluso, sin embargo aunque ellos pueden ser de cierto interés académico, no son viables desde el punto de vista comercial, pues sus costos de producción son elevados en comparación con los que se utilizan por extracción de la cáscara de naranja en medio ácido y precipitación con alcohol, método el cual se ha elegido por contarse con abundantes recursos en cuanto a materia prima en nuestro país así como por ser el mas rentable desde el punto de vista económico

Un estudio de los diversos métodos se expone en el anexo correspondiente al presente capítulo

El presente estudio ha tomado como referencia los métodos industriales que siguen dos de los más grandes fabricantes de pectinas a nivel mundial, los cuales parten desde la cáscara de naranja como fuente de pectina, que como ya se ha visto, posee el mayor porcentaje de pectina en comparación con otros cítricos.

3.1. Descripción del proceso a nivel industrial

La materia prima se obtiene por medio de la compra de la cáscara de naranja a fabricantes de jugos o néctares de naranja cercanos a la planta de extracción de la misma localidad.

A) Carga de materia prima

La cáscara seleccionada de naranja se alimenta al molino por medio de una faja transportadora sin fin.

B) Molienda

El molino de martillos será alimentado con las cáscaras de naranja, tal como se muestra en el Flow-Sheet (1). Teniendo en cuenta que la producción mensual estimada será de 21 TN de pectina comercial, la cual esta estandarizada con cinco partes de azúcar, se necesitará una

producción de pectina pura de 3,5 TN. Esto llevará a un requerimiento de cáscara de naranja que se debe procesar mensualmente de $3,5/0,043 \text{ TM} = 81 \text{ TN}$ de cáscara (rendimiento de pectina 4,3%), lo cual para una jornada de 6 días a la semana, (26 días mensuales) se debe cargar al molino aproximadamente $81/26 = 3,11 \text{ TN}$ de cáscara para una producción diaria de pectina pura de 135 kg. (Devia, 2003)

El molino de martillos es el más recomendable para este tipo de material, el cual es de naturaleza fibrosa (Perry, 1982, MacCabe, 2002), obteniéndose un producto granulado el cual debe pasar por una malla 100 (Tyler).

C) Hidrólisis en reactor tanque

Una vez obtenido el material en forma granular se carga a un reactor por lotes, el cual contiene una solución de ácido clorhídrico con un pH promedio de 2,0 manteniéndose una temperatura constante de 60°C, utilizándose vapor de agua para el calentamiento. En este reactor se producirá la hidrólisis de la pectina en medio ácido, contenida en la cáscara; para ello se requiere un mezclado lento para evitar la desintegración de la cáscara pues podría generar dificultades de separación de sustancias indeseables presentes en la cáscara, en fases posteriores. Pruebas a nivel de planta piloto muestran que se logra la máxima extracción tanto para la cáscara de limón como para la de naranja, cuando se tiene una proporción de la cáscara con la de agua acidulada de 1/16; es decir se debe mezclar las 3,11 TN de cáscara con 49,76 TN de la solución ácida.

D) Filtración en filtro prensa

La solución ácida en caliente contiene la pectina que se ha extraído, quedando una mezcla heterogénea líquido/sólido, que será separada por medio de un filtro prensa. El sólido separado es un producto secundario, que se comercializa como alimento para animales, siendo muy estimado, por su fácil digestión para los animales. El licor

conteniendo la pectina es bombeado a un tanque para la gelificación de la pectina

E) Precipitación de la pectina

La pectina en solución puede ser separada por diversas sustancias, sin embargo en la práctica industrial es usual utilizar por su bajo costo y accesibilidad, alcohol etílico o alcohol isopropílico, siendo el más usado por su menor costo el primero de los alcoholes. Antes de ser tratada con alcohol la solución debe ser enfriada. Diversos ensayos indican que la concentración óptima del alcohol debe ser de 60% en volumen. El mezclado con alcohol se realiza con vigorosa agitación lográndose que la pectina precipite en forma de un gel, mientras que la fase liviana con el contenido de alcohol se bombea a una torre de destilación para recuperar el alcohol el cual se volverá a utilizar para la precipitación de la pectina de siguiente lote.

F) Decantación y lavado

El gel es bombeado con una bomba centrífuga a un tanque donde será lavado con alcohol (a reciclar) con el propósito de eliminar los sólidos urónicos que todavía permanecen en el gel.

G) Lavado con agua y reducción de acidez

El gel lavado con alcohol se mezcla con agua caliente a 80°C en un segundo tanque hasta lograr un pH de 3,0

H) Lavado final con alcohol

Una vez que se consigue el pH adecuado, el gel finalmente se trata con alcohol el cual se recicla.

I) Secado por atomización

Aunque existe la posibilidad de realizar el secado por medio de secadores túnel y luego pasar a un proceso de molienda final hasta alcanzar la granulometría de aceptación comercial, la práctica habitual es realizar un secado por atomización (Spray-Dry), pues estos equipos cuentan con dispositivos para monitorear parámetros como temperatura, humedad, densidad, para alcanzar la granulometría deseada, que es de aceptación para las empresas usuarias del

producto final. En nuestro medio se comercializa la pectina en forma de un polvo fino de color crema claro, no siendo aceptada como gel, líquido o sólido granular.

J) Molienda de pectina secada

El producto secado, finalmente se carga a un molino de rodillos, en el cual se obtendrá un polvo fino con una granulometría que se caracteriza por que el 90% pasa a través de una malla 60 (0.25 mm)

K) Estandarización

Puesto que las pectinas puras son altamente higroscópicas y de difícil disolución, es una práctica habitual mezclarla con azúcar, en una proporción de 1 a 5, lo cual permite una más fácil dispersión en las mezclas en donde se utilizaran como aditivo gelificante o espesante. Después del mezclado hasta la homogenización se empacan en bolsas de polietileno y estas a su vez se introducen en canecas de cartón, con pesos netos de pectina de 25kg y 50 kg.

3.2 Diseño, Selección y Especificación de los Equipos

A. Cálculos en el Molino de Martillo

No existe un modelo teórico que permita predecir el consumo de energía por parte de un molino, recurriéndose por lo tanto a la literatura o en todo caso se realizan pruebas con el molino y el material a triturar. Las fuentes mas confiables son los datos proporcionados por Perry (28) y McCabe (37) para la selección de los equipos adecuados, los cuales son muy bien complementados con las tablas para determinar los costos así como la energía consumida por cada uno de ellos proporcionadas por Ulrich (46). En las fuentes antes citadas se recomienda el uso de molinos de martillos, para materiales blandos o de naturaleza fibrosa, como es el caso de las cáscaras de frutos como la naranja. Se recomienda para materiales con una dureza menor a 1,5 según la escala de Mohs, lo cual es concordante con la dureza de la cáscara de naranja que esta dentro de esta restricción.

Puesto que se requieren 3,5 TN de pectina pura, será necesario hacer una molienda diaria calculada de acuerdo al siguiente procedimiento:

m_c = masa de cáscara mensual

R = rendimiento = (masa de pectina / masa de cáscara) x 100

m'_c = masa de cáscara

m_p = masa de pectina

Pruebas de laboratorio y de planta piloto muestran un rendimiento de pectina para la cáscara de naranja de: $R = 4,32\%$ (Devia, 2003)

Por lo tanto se requieren una alimentación mensual de cáscara de naranja

$$m_c = (m_p / R) \times 100 = (3,5 \text{ TN} / 4,32) \times 100 = 81 \text{ TN} \quad (1)$$

La alimentación diaria para molienda será:

$$m'_c = 81 / 26 = 3,11 \text{ TN}$$

Es decir para una jornada diaria de 8 horas se deben triturar 3,11 TN de cáscara.

La disponibilidad de molinos de martillo en el mercado, ha permitido elegir aquel que tiene una capacidad de molienda de 10 tn/hr, con el cual se podrá abastecer la demanda mensual proyectada y una posible sobre demanda en años posteriores.

B. Cálculos en el Reactor Tanque

En este reactor tanque se produce la hidrólisis del ácido poligalacturónico. Las pruebas experimentales tanto a nivel de laboratorio como a nivel de planta piloto muestran que se requiere un tiempo de residencia en el reactor de 70 minutos. Por otro lado la relación óptima de la cáscara con la solución ácida es de 1/16, por lo tanto se requiere

$$\text{Masa de solución ácida} = 3,11 \times 16 = 49,76 \text{ TN}$$

Puesto que el ácido clorhídrico comercial tiene una concentración 12 M, se requerirán:

Para un pH de 2 $[H^+] = 0,01 \text{ M}$ es decir $[HCl] = 0,01 \text{ M}$

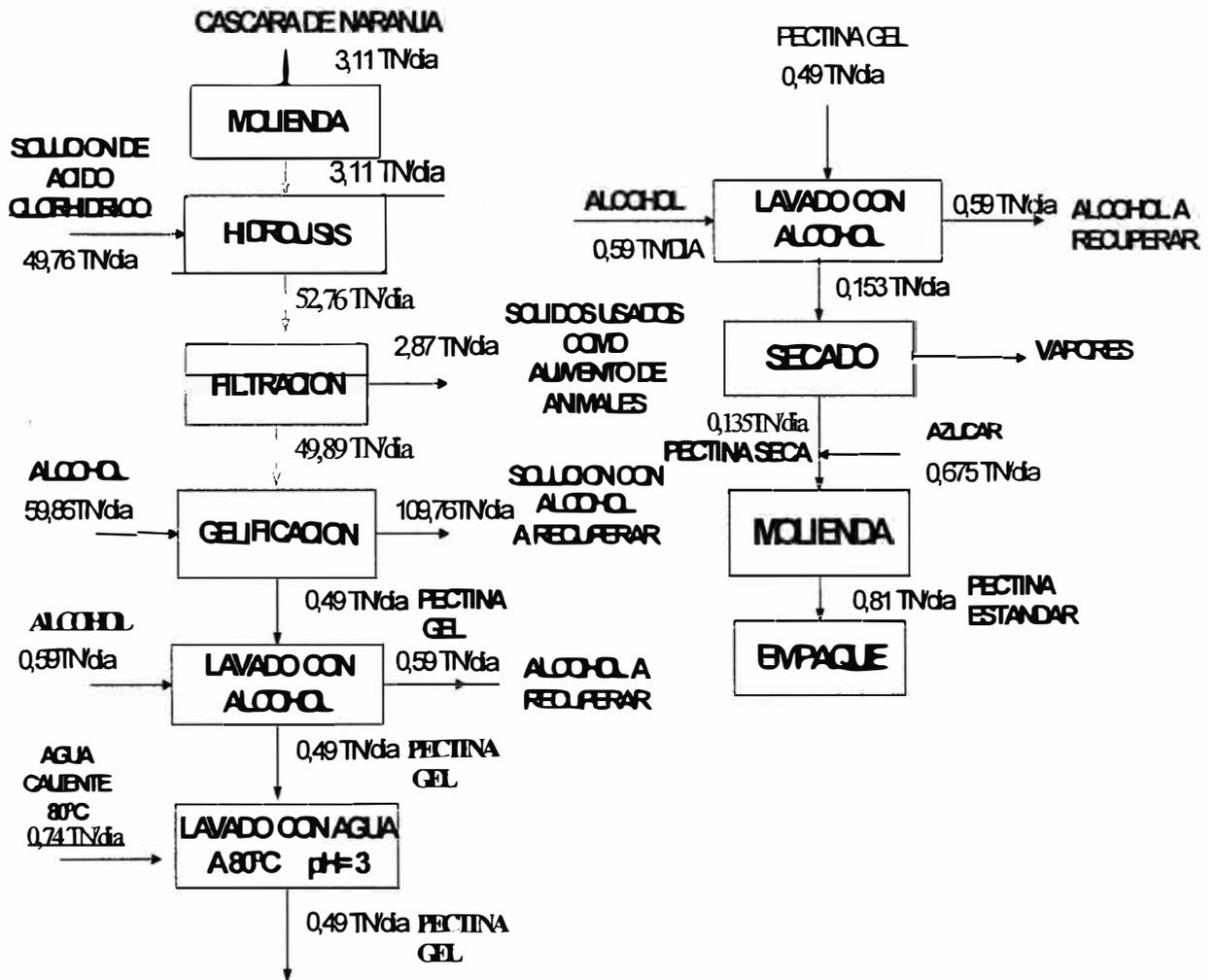
$$0,01 \text{ M} = (V_{HCl} \times 12 \text{ mol/L}) / (49760 \text{ L}) \quad (2)$$

$$V_{HCl} = 41,5 \text{ L}$$

Masa total de mezcla = Masa de solución ácida + masa de cáscara (3)

$$\text{Masa total de mezcla} = 49,76 \text{ TN} + 3,11 \text{ TN} = 52,87 \text{ TN}$$

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO
DE EXTRACCION DE
PECTINA



Considerando que la mezcla contiene principalmente agua asumimos densidad 1 g/mL, entonces el volumen será:

$$V_{\text{mezcla}} = 52870 \text{ L}$$

Existen en el mercado reactores tanques con capacidad de 30280 L, y teniendo en cuenta que el tiempo de residencia es de 70 min y el tiempo de descarga y carga de 50 min, es decir dos horas, y que cada reactor puede operar diariamente 30280 L, el número de tanques requerido será:

$$N^{\circ} \text{ de reactores} = (52870 \text{ L}) / (30280 \text{ L/reactor}) = 1,74 \text{ reactor}$$

Es decir se requerirá como mínimo 2 reactores de 30280 L cada uno, los cuales podrán operar diariamente la mezcla de 52870 L.

C. Cálculos en el filtro prensa

Puesto que la filtración con un filtro prensa es un proceso por lotes, se recomienda instalar por lo menos dos filtros prensas, para permitir la limpieza y el lavado, entendiéndose esta recomendación, para grandes volúmenes de producción; sin embargo para procesos de bajo volumen de producción, como es el presente proceso, es suficiente un filtro prensa, ya que existe el tiempo suficiente para la limpieza del mismo.

El equipo a filtrar elegido es el filtro prensa de placas y marco el cual esta compuesto de anillos rectangulares prensados entre dos placas. Los marcos se encuentran alternados en pilas horizontales de varios metros de longitud y son comprimidos por medio de un mecanismo hidráulico, formando una serie de cavidades de paredes porosas.

Después del proceso de hidrólisis de la pectina, esta queda diluida en solución ácida, debiéndose eliminar los sólidos en un filtro prensa tal como se ha mencionado; este material sólido o torta se puede comercializar como alimento para animales.

Como la cantidad de cáscara es de aproximadamente de 3,11 TN esta debe ser la cantidad aproximada de los sólidos que deben quedar como parte de la torta. Por otro lado la solución de ácido clorhídrico

(HCl), tiene una masa de 49,76 TN, y un volumen de 49760 L.

Según Peters (36) para la filtración con una torta compresible, como es el caso de la cáscara de naranja, se ha desarrollado la siguiente correlación

$$V^2 + 2 A V_F V = 2 A^2 (\Delta P)^{1-S} \epsilon / \alpha' w \mu \quad (4)$$

Donde se tiene que:

V = Volumen de líquido sin sólidos A = Área de filtración

V_F = Volumen ficticio

(ΔP) = Caída de presión

ϵ = tiempo de filtración

α' = constante que depende de las propiedades del sólido

w = masa en libras de sólido seco por unidad de volumen de filtrado

μ = viscosidad dinámica de filtrado

Se debe tener en cuenta que el 4% de pectina se halla de la masa total de la cáscara, entonces la masa de pectina disuelta en la solución será:

$$\text{Masa de pectina} = 0,04 \times 3,11 \text{ TN} = 0,134 \text{ TN}$$

$$\text{Masa de Torta} = 3,11 \times 0,96 \text{ TN} = 2,98 \text{ TN}$$

$$\text{Masa del Licor} = 49,76 \text{ TN} + 0,134 \text{ TN} = 49,89 \text{ TN}$$

Considerando que el licor tiene una densidad como el agua el volumen aproximado será de 49890 L

El tiempo de residencia es de 3 horas para una carga de 1758,4 pies cúbicos lo cual equivale a 49890 L

Para las condiciones del problema se tiene:

$$V = 1758,4 \text{ pies cúbicos} = 49890 \text{ L}$$

$$V_F = 0,03 \text{ pies cúbicos/ pie cuadrado}$$

$$w = 4 \text{ libras/pie cúbico} = 1 \text{ kg/16L de solución.}$$

$$\epsilon = 3 \text{ horas}$$

Aplicando a la relación (3):

$$(1758,4)^2 + 0,03 \times 1758,4 A = 2 A^2 (25 \times 144)^{0,7} (3) / (36)(4)(2,42)(5)$$

Resolviendo la ecuación cuadrática, se obtiene que:

$$A = \quad = 69,60 \text{ m}^2$$

De acuerdo a las necesidades de la planta, la capacidad de operación del los filtro prensa deben mantener una carga de suspensión de 40 L, con lo cual el filtro prensa debe poseer una área superficial de filtración de 69,6 m² con lo cual permitirá estimar el costo del equipo



Fig. N° 3.1 Separación en el Filtro prensa

tomando como base la grafica proporcionado por Ulrichs (49) para determinar el costo de capital del filtro prensa.

El filtro prensa tendrá marcos de 1,42 m (56 pulg) de lado es decir una área de 2 m² por marco, siendo el número total de los mismos de 35, con lo cual se cubrirá el requerimiento de 70 m² de área de filtración calculada.(Perry, 1982)

D. Cálculos en el Tanque de Precipitación

El licor obtenido en la filtración conteniendo la pectina, es alimentado a una serie de tanques conectados en paralelo en donde será mezclado con alcohol etílico para precipitar la pectina en forma de gel

Puesto que el licor tiene una masa de 49,89 TN, lo cual incluye a la pectina disuelta, se tendrá como carga total 49890 L mas un volumen de alcohol que es el 60% del volumen total de alcohol .Para lograr esto se distribuirá el volumen total como:

Volumen Total de la mezcla= Volumen del licor + Volumen alcohol (5)

Volumen del licor = 49890 L (considerando densidad 1 g/ml)

Volumen de alcohol= 49890 X (3/2) =74835 L

Volumen total de mezcla= $49890 + 74835 = 124725$ L

Número de tanques= $(124725 \text{ L}) / 68130 \text{ L/tanque} = 1,8$ tanques

Es decir se deben tener como mínimo 2 tanques.

Debido a que el tiempo de residencia para la precipitación es de una hora y la descarga en 1 hora, se puede operar la carga total en los dos tanques, cada uno de ellos con una carga de 62362 L con dos horas de operación para procesar el volumen total.

Los tanques a utilizar son tanques de acero inoxidable Tipo 304, con agitador, con una capacidad de 18000 galones (68130 L) (Vatavuk 1995)

El volumen de la solución alcohol-agua-sólidos urónicos es de alrededor de 124725 L recuperándose el alcohol (74835L) por medio de bombear la solución con los sólidos urónicos, a una torre de destilación previo calentamiento hasta temperatura de burbuja lo cual permitirá la separación del alcohol y eliminará el agua con los sólidos urónicos que quedan en la solución residual.

E. Cálculos en el Tanque de Lavado con Alcohol

La pectina en forma de gel se bombea a un tanque de mezclado con capacidad de 500 galones (1892,5 L) para ser lavado con alcohol y eliminar los sólidos urónicos remanentes

El volumen del gel total es aproximadamente de un 14% del la masa de cáscara del volumen total, por lo tanto se tendrá un volumen de gel de:

Volumen de pectina como gel: $0.14 \times 3,5 = 490$ L

La proporción óptima de lavado con alcohol es de 60% del volumen total:

Volumen de alcohol = $(3/2) \times 490 = 735$ L (60%) (6)

Volumen de la mezcla= Volumen del gel +volumen del alcohol (7)

Volumen de la mezcla= $490 \text{ L} + 735 = 1225$ L

El tiempo de residencia y el de descarga es de media hora respectivamente. Por lo tanto se necesitaran para el manejo de los 1225 L un tanque de mezclado de 1892,5 L el cual funcionará en una

corrida de una hora cada una.

F. Cálculos en el tanque de lavado con agua caliente

Luego del lavado con alcohol el gel se sedimenta y el alcohol se separa para luego ser reciclado. En el mismo tanque se mezcla con agua a 80°C hasta conseguir un pH de 3, por lo tanto se necesitarán:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de solución por tanque} &= 490 \text{ L gel} + 735 \text{ L de agua} & (8) \\ &= 1225 \text{ L} \end{aligned}$$

Puesto que se requiere aumentar el pH a 3 se tendrá una concentración acida de $[H^+] = 0,001 \text{ M}$ para lo cual se requerirá agregar un volumen de HCl 12M de acuerdo a:

$$\begin{aligned} \text{Volumen ácido clorhídrico concentrado} &= (0,001) (1125)/12 \\ &= 0,09 \text{ L} \end{aligned}$$

Esta operación se realiza en el mismo tanque de lavado con un tiempo de residencia de 30 minutos.

G. Cálculos en el tanque de lavado con alcohol

Después del lavado con agua caliente se elimina la misma, y en el mismo tanque se somete a un último lavado con alcohol manteniendo una concentración de 60% en volumen del alcohol es decir se tendrá:

$$\begin{aligned} \text{Volumen de mezcla alcohólica} &= 490 \text{ L gel} + 735 \text{ L alcohol} & (9) \\ &= 1225 \text{ L} \end{aligned}$$

Considerando un tiempo de residencia de 30 minutos, luego del cual el gel se separa por sedimentación, el alcohol se retira para ser luego rehusado.

H. Cálculos en el secador Spray-Dry

El tipo de presentación de la pectina en el mercado es de pectina en polvo, los cuales se comercializan en bolsas de 25kg o 50Kg las cuales a su vez están protegidas en canecas de cartón (cilindros de cartón). Esta es una de las razones por las cuales se utilizara el equipo de secado por atomización conocido usualmente como Spray-Dry, el cual produce una pectina en forma de polvo fino.

El tiempo de secado de la carga se dará en aproximadamente en 1 hora. Las especificaciones de diseño correspondientes a estos precios

son: atomización vía presión en la boquilla 1000° F; temperatura de salida, 250° F; tiempo de residencia ,16 s; tipo de acero inoxidable del cuerpo del secador. Los precios incluyen las plataformas de acceso, soportes de acero, quemador (GLN), sistema de alimentación e instrumentación. No se incluye el aislamiento, material refractario, ni sistema de recuperación de sólidos.

I. Cálculos en el Molino de Pectina en Polvo

El polvo obtenido en el secador por atomización es finalmente sometido a un proceso de molienda hasta alcanzar un tamaño de partícula el cual en un 90% pasa a través de una malla 60 (0.25 mm) El molino que usualmente se utiliza en la industria de alimentos para obtener un polvo fino, es el molino de rodillos, este por ejemplo se utiliza en la molienda de harina en polvo.

La estandarización de la pectina requiere una proporción de azúcar de 5 a 1 respecto a la pectina en polvo, por lo tanto se requiere una masa de azúcar de:

$$\text{Masa de azúcar} = 5 \times 135 = 675 \text{ kg}$$

Lo anterior permitiría una producción diaria de pectina comercial estandarizada de:

$$\text{Masa de pectina estándar} = \text{masa de pectina pura} + \text{masa de azúcar}$$

$$\text{Masa pectina estándar: } 135 + 675 = 810 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de pectina estándar mensual} = 21060 \text{ Kg} = 21 \text{ TN}$$

$$\text{Masa de pectina estándar anual} = 12 \times 21 = 252 \text{ TN}$$

El referido proceso de mezclado se realizará en el mismo molino de rodillos. Tomando como referencia a Ulrich(46) , un molino de rodillos apropiado para cumplir las características granulométricas de la pectina en polvo antes mencionadas, tendrá él mismo, las siguientes características:

$$\text{Capacidad de molienda en kg/s} = 810\text{kg}/3600\text{s} = 0.279 \text{ kg/s}$$

J. Cálculos en Equipos de Recuperación de Alcohol

Cálculos en Evaporador

En el caso del sistema etanol-agua con una concentración de

porcentaje en masa de 60% de etanol sería imposible separar el alcohol en proporción significativa en una destilación de una sola etapa

Para este tipo de sistemas es usual primero calentar la mezcla en un evaporador hasta una condición de líquido saturado (temperatura de burbuja) y luego pasarla a una torre de destilación por etapas con reflujo, en la cual hay un flujo a contracorriente del líquido condensado que regresa a la torre, con el vapor caliente que se va enriqueciendo hasta una alta concentración de alcohol

La mezcla de alcohol con agua y los sólidos extraídos de la pectina se carga en hervidor de una sola etapa y se le suministra calor por medio de un serpentín el cual evapora la solución hasta que se alcance la temperatura de burbuja.

El volumen de la solución alcohol-agua-sólidos urónicos es de alrededor de 124725 L de los cuales, 74835 L son de alcohol

Volumen de Solución = 124750 L

Volumen de agua y sólidos urónicos = 49890 L

Masa de agua y sólidos urónicos = 49890 kg (considerando 1kg/L)

Masa de Alcohol = 74835 L x (0,8 Kg/ L) = 59868 kg

Masa de solución = masa de agua + masa de alcohol (10)

Masa de solución = 49890 kg + 59868 kg = 109758 kg

Considerando que las mezclas de alcohol-agua forman mezclas azeotrópicas se tendrá que la máxima concentración de alcohol será de 95,5 % en peso y 4,6% de agua, el cual comercialmente se llama alcohol de 96°. Por lo tanto se podrá separar alrededor de 72000 kg de alcohol de al 95,5% en peso.

La temperatura inicial del alcohol es la temperatura ambiente de 25°C de la zona.

T_i = Temperatura inicial = 25°C = 298 K

T_f = Temperatura final = Temperatura de burbuja del alcohol

T_f = 78,6°C = 351,1 K

Para el balance de energía se tomara en cuenta lo siguiente:

Componente 1 = Alcohol Componente 2 = agua

A 0°C $a_{m.} = -212,4$ BTU/ mol lb de solución = $-116,8$ cal / mol lb de solución , Siendo $x_2 = 0,60$

Punto de Burbuja: 78,6°C (351,6 K)

Punto de Rocío = 80,3°C (353,3 K)

	Alcohol	Agua
Presión de vapor a 0°C	$p_1 = 0,0161$ atm.	$p_2 = 0,0060$ atm.
Calor latente BMU/col lb	$\lambda_1 = 18200$	$\lambda_2 = 19400$
a 0° C		
zc	0,248	0,23
Tc (K)	516	647,4
Pc(atm)	63	218,3
M	46	18

La capacidad calorífica molar media del liquido $X_2=0,60$ (a 78,6°C) es igual a 23,9 cal /mol K . La masa molecular media de la solución es :

$$M_{sol} = 0,6(46) + 0,4(18) = 37,4$$

$$\text{Para } x_2 = 0,6 : z'_c = 0,4(0,23) + 0,6(0,248) \quad (11)$$

$$T'_c = 0,4(647,4) + 0,6(516,3) = 569 \text{ K} \quad (12)$$

$$p'_c = 0,4(218,4) + 0,6(63,0) = 125 \text{ atm.} \quad (13)$$

Cálculo de la entalpía de la solución líquida a 1 atm. y punto de burbuja de 78,6°C

$$H_1 = \frac{-212,4 + 23,9(175 - 329)}{34,8} = 92 \text{ Btu/lb} = 50,6 \text{ Kcal/Kg} \quad (14)$$

$$H1 = 50,6 \times 4,18 = 211 \text{ kJ/kg} \quad (15)$$

Q= Flujo de Calor Total absorbido por la solución

m_1 =Flujo másico de la solución

Q= Flujo de Calor absorbido por la solución

Ti= Temperatura inicial de entrada a 25°C (298 K)

Tf= Temperatura de burbuja a 78,6°C (351,6 K)

Masa de la solución alcohol/agua = 109758 kg

En general se tendrá:

$$Q = m_1 \Delta H_L \quad (16)$$

ΔH_L = Calor de vaporización de solución concentrada

$$\Delta H_L = H_{\text{burbuja}} - H_{\text{entrada}} \quad (17)$$

$H_{\text{burbuja}} = 211,6 \text{ kJ / kg}$ calculada previamente

H_{entrada} = Entalpía de la solución líquida a 25 °c y 1 a.m.

Esta se puede calcular por medio de la relación

$$H_{\text{entrada}} = (-212,4 + 25 (77 - 32)) / 34,8 = 26,2 \text{ BTU/mol lb} \\ = 14,4 \text{ cal/ g}$$

$$H_{\text{entrada}} = 14,4 \times 4,18 = 60,19 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta H_L = 211,6 - 60,19 = 151,41 \text{ KJ/kg}$$

$$m_s = \text{masa de la solución} = 109758 \text{ kg}$$

$$m_1 = \text{flujo másico de solución concentrada} = 109758 / 4 \\ = 27439,5 \text{ Kg/hr}$$

Remplazando en la ecuación (15):

$$Q = 27439,5 \text{ kg/hr} \times 151,41 \text{ kJ/hr} = 4154615 \text{ KJ/hr}$$

La ecuación de diseño para un intercambiador de calor viene dada por la expresión:

$$Q = U A F_T \Delta T_{LM} \quad (18)$$

Donde

Q = Flujo de calor del fluido del intercambiador a la solución:

U = Coeficiente de transferencia de calor total

A = Área efectiva de transferencia de calor

F_T = Factor de corrección del logaritmo medio

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_1 - t_2) - (T_2 - t_1)}{\ln(T_1 - t_2) / (T_2 - t_1)} \quad (19)$$

T_1 y T_2 son las temperaturas del vapor del intercambiador

t_1 y t_2 son las temperaturas de la solución

En la referencia (17) se dan unas tablas para diversos intercambiadores de calor, obteniéndose los siguientes datos para un intercambiador acorde con las necesidades del proceso en estudio.

Tipo de vapor: Caliente

Capacidad de Transferencia de Calor en Mcal/hr°C : 105

Temperatura de Entrada en °C (T1) = 270

Temperatura de Salida deseada en °C (T2) = 123

U = Coeficiente de transferencia de calor en $\text{Kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C} = 87,4$

Remplazando los valores obtenidos en la ecuación (35) de diseño
 $4154615 = (87,4)(A) ((270 - 25) - (123 - 78,6)) / \ln ((270 - 25) / (123 - 78,6))$ (37)

$A = 139 \text{ m}^2$

Cálculos en la torre de destilación

La mezcla de alcohol-agua obtenida en el evaporador se halla a la temperatura de burbuja $78,6^\circ\text{C}$ y entalpía de entrada $H_{\text{ent}} = 211,6 \text{ Kcal/kg}$. Como antes se mencionó la destilación será de manera continua para lo cual se calculará el número de platos de la torre de destilación aplicando el método de cálculo de Ponchon Savarit en el cual se hace uso de los diagramas Entalpía-Concentración para el sistema Etanol-Agua

Balance de Materia

F = Alimentación $X_A = \text{Fracción en peso de alcohol} = 0,545$

D = Destilado $X_B = \text{Fracción en peso de agua} = 0,455$

W = Fondos

Entonces se tiene:

$$F = D + W \quad (20)$$

Para el alcohol:

$$X_A F = X_A D + X_A W \quad (21)$$

Considerando una concentración de alcohol en los topes de $X_D = 0,95$ y en los fondos de $X_W = 0,03$ se puede determinar las masas de la dos corrientes:

$$0,545(109758) = 0,95 D + 0,03 W \quad (22)$$

$$59868 = 0,95 D + 0,03 (F - D) = 0,95 D + 0,03(109758 - D) \quad (23)$$

$$59868 = 0,95 D + 3292,74 - 0,03 D$$

$$D = 61494,85 \text{ kg}$$

$$W = 48263,15 \text{ kg}$$

$$F = 109758 \text{ Kg}$$

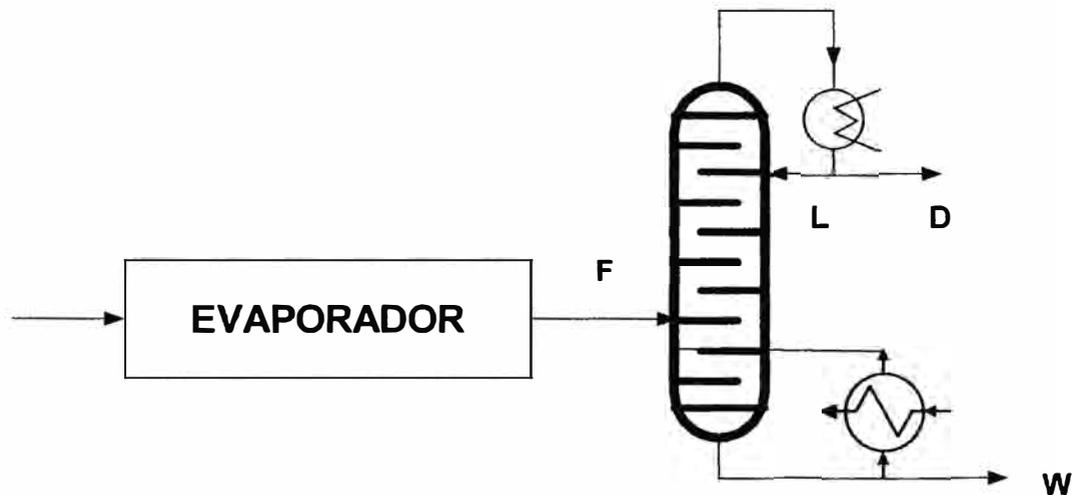


Fig.3.2 Torre de destilación de mezcla alcohol/agua

Aplicando el método gráfico de Ponchon-Savarit con el uso del gráfico entalpía-concentración a las condiciones del problema se procede como sigue:

Considerando un reflujo de $R = 1,5$ se tiene la relación

$$R = L/D = 1,5 = (H' - H_1) / (H_1 - H_D) \quad (24)$$

$$1,5 = (H' - 520) / (520 - 80) \quad (25)$$

$$H' = 1180 \text{ Btu/kg} = 2744,68 \text{ Kj/ kg}$$

Para $x_F = 0,545$ $h_F = 211,6 \text{ Kj/kg}$

El punto W' esta a -3500 Kj/kg

Número de Platos de la Torre

El cálculo gráfico con los datos previos da un número de platos teóricos de 7,

Para una eficiencia de 0,7 el número de platos será:

$$N = N_t / e = 7 / 0,7 = 10 \text{ platos} \quad (26)$$

De estos uno corresponde al calderín por lo tanto se tendrá una torre con 9 platos reales

La alimentación estará después del quinto plato contando desde arriba

El flujo de destilado será para 4 horas de operación:

$$D' = D/4 = 61494,85 \text{ kg/4hr} = 15373,71 \text{ kg/hr} \quad (27)$$

Haciendo el balance de energía se tiene:

$$H' = (h_D + q_c/D) \quad (28)$$

$$2744,68 = 186,06 + q_c / 15373,71 \text{ kg/hr}$$

$$q_c = 39335481,88 \text{ kJ/hr (calor absorbido en el condensador)}$$

El balance de energía en los fondos se da por la relación:

$$H'_w = (h_w - q_R/W') \quad (29)$$

$$\text{El flujo en los fondos es } W' = W/4 = 48263,15 \text{ kg/4hr} = 12065,78 \text{ kg/hr}$$

Finalmente:

$$-3500 = 418,68 + q_R / 12065,78 \quad (30)$$

$$q_R = -47281930,68 \text{ kJ/hr (calor de hervidor)}$$

Cálculo del Área de Transferencia de calor del Condensador

Se utilizará como medio refrigerante agua a 25°C y presión de 1 atm, considerando una temperatura de ebullición del alcohol de 79°C.

El área de transferencia de calor será

$$A = q_c / U_D \text{ MLTD} \quad (31)$$

$$\text{MLTD} = (79 - 25) - (79 - 48) / \ln((79 - 25) / (79 - 48))$$

$$\text{MLTD} = 41,44 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$A = 39335481,8 / 200 \times 41,44 = 4746 \text{ ft}^2 = 441 \text{ m}^2$$

Cálculo del Área de Transferencia de Calor del Hervidor

Se debe tener en cuenta que con una fracción de alcohol en los fondos de 0,03 prácticamente se tiene un flujo casi completo de agua. Por lo tanto se debe de calentar el agua con vapor de agua a una temperatura de 110°C

Utilizando la ecuación de diseño para un intercambiador

$$A = q_c / U_D \text{ MLTD} \quad (32)$$

$$\text{MLTD} = (150 - 100) - (120 - 100) / \ln((150 - 100) / (120 - 100)) = 43,^\circ\text{C}$$

$$47281930,68 = (250)(A) ((180 - 100) - (120 - 100)) / \ln((180 - 100) / (120 - 100))$$

$$A = 4398 \text{ ft}^2 = 409 \text{ m}^2$$

Calculo del Tamaño de la Torre

Puesto que se conoce el número de etapas teóricas, se puede estimar

la altura vertical H_a de la torre solo superponiendo una encima de la otra si es que se conoce la altura para etapa. La siguiente relación da la altura de la torre

$$H_a = N H_t / e_s \quad \text{donde } e_s \text{ es la eficiencia (33)}$$

Para las torres de platos, la altura teórica de la etapa es la distancia real de separación de los platos.

Usualmente para diámetros de 1m se estima una separación de platos de 0,5 m

Considerando una eficiencia de 0.7 se tiene

$$H_a = 7 \times 0,5 / 0,7 = 5 \text{ m} \quad (34)$$

Determinación del Diámetro de la Torre

Para calcular el diámetro de la torre se emplea la tasa general de flujo de vapor en a forma reacomodada de la ecuación de continuidad, asumiendo una torre cilíndrica.

Sin embargo de acuerdo a las tablas dadas por Treybal para bandejas con separación de 0,5 m es aceptable un diámetro de 1 m el cual se utilizó en la sección previa.

$D =$ diámetro interno de torre = 1m

Determinación de la masa de la Torre de Destilación

Para una plancha de área calculada de acuerdo a:

$$\begin{aligned} \text{Área de plancha de acero utilizada en torre} &= L \times A & (35) \\ &= 5 \times 3,1416 \times 0,5^2 \end{aligned}$$

$$\text{Área} = 3,9 \text{ m}^2 = 39000 \text{ cm}^2$$

La masa de la torre para la parte cilíndrica será:

$$\begin{aligned} \text{Masa de torre} &= (39000 \text{ cm}^2 \times 5,08 \text{ cm}) (7,8 \text{ g/cm}^3) \\ &= 1545336 \text{ g} = 1546 \text{ Kg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Masa para casquetes} &= (2 \times 4 \times 3,1416 \times 50^2 / 2) (7,8 \text{ g/cm}^3) \\ &= 245 \text{ kg} \end{aligned}$$

Masa Total de Torre: $1546 + 245 = 1791 \text{ Kg}$

K. Cálculos en Tanque de Almacenamiento de Alcohol

Aunque se recuperan alrededor de 70000 L de alcohol, se requerirá un tanque de almacenamiento de 100000L como medio de seguridad,

pues existe cierta parte de alcohol que se desechará.

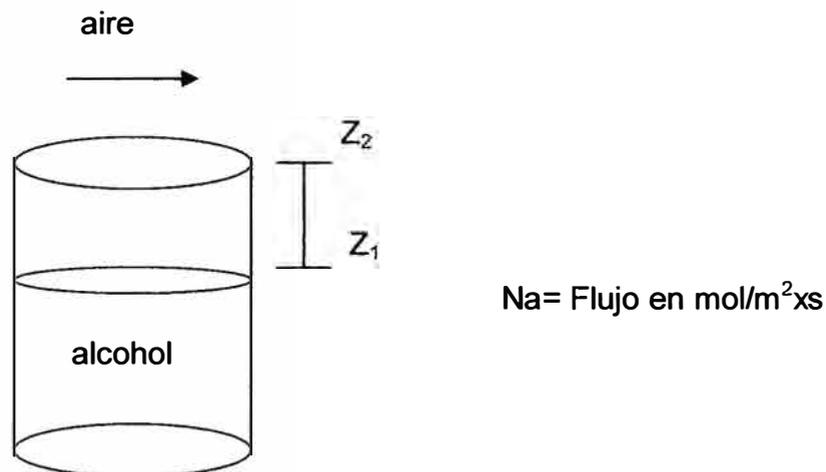
L. Pérdidas o Mermas de Alcohol en el Proceso

Las pérdidas por evaporación se pueden estimar, determinando ciertos cálculos de difusión de alcohol en aire. Esto se realiza para un modelo de un recipiente que contiene alcohol, el cual se evapora por difusión molecular.

Considerando un tanque que contiene alcohol hasta una altura que se halla 50 cm por debajo del borde superior del tanque.

Se tiene una presión total de $P=760$ mmHg, $P_{A2}=0,0$ mm Hg

$P_{A1}= 59,76$ mm Hg a 25°C



El cálculo de la difusión N_A se puede realizar por medio de la relación para la difusión de un líquido en un medio gaseoso como es el caso de alcohol en aire.

$$N_A = \left[\frac{D_{AB} P}{RT(Z_2 - Z_1)} \right] \ln \left[\frac{(P - P_{A2})}{(P - P_{A1})} \right]$$

Donde D_{AB} = coeficiente difusión molecular alcohol/aire

$$D_{AB} = 0,135 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

R = Constante de gases = $2,886 \times 10^{-3} \text{ atm} \times \text{m}^3/\text{mol} \times \text{K}$

T = temperatura en kelvin (K)

P_{A2} = presión parcial del alcohol en parte superior de tanque = $0,00$ mm Hg

Hg

P_{A1} = Presión de Vapor de Alcohol a 25°C = $59,76$ mm Hg

$Z_2 - Z_1$ = Trayectoria de difusión = $0,05$ m

$$N_A = (0,035 \times 10^{-4}) (1) / 2,886 \times 10^{-3} \times 298 \times 0,05 \ln[(760-0)/(760-59,76)]$$

$$N_A = 8,83 \times 10^{-3} \text{ mol / m}^2 \times \text{s} = 1,46 \text{ kg / m}^2 \times \text{hr}$$

Considerando un área de sección transversal del tanque de lavado igual a 1m^2 , durante un periodo de operación de 3 horas, la masa de alcohol (m_A) que se perdería por evaporación sería de:

$$m_A = 1,46 \times 1 \times 3 = 4,38 \text{ kg (para el periodo de un dia)}$$

Cantidad que es despreciable en comparación con las de 50 TN de alcohol que se utilizan en el proceso.

Las mermas en el tanque de almacenamiento, así como el reactor de gelificación, también deben ser mínimas, pues estos son recipientes. cerrado.

Los antes analizado nos permite concluir que la merma del alcohol no afectará significativamente en los costos de producción.

Selección de bombas para el proceso

El punto de partida para la selección apropiada de las bombas de un proceso, es el análisis del diagrama de flujo del proceso, examinando en cada tramo si es necesaria una bomba y de que tipo será la misma.

En la industria de procesos químicos es bastante común el uso de bombas centrifugas.

Esto ayuda a determinar la capacidad de todas las bombas centrifugas además de especificar cada una de ellas usada en el presente proceso.

Bomba de Alimentación al Filtro Prensa

En este caso se tiene una mezcla que contiene los sólidos de la cáscara de naranja, pero donde predomina la fase acuosa ácida, por lo tanto se podría considerar que la viscosidad de la mezcla es similar a la del agua.

La masa de la mezcla acida de alimentación al filtro prensa será de 49,76 TN la cual considerando una densidad similar a la del agua se tendrá un volumen de 49760 L o 13147 galones lo cual equivale a 49,76 m^3 .

El flujo para 30 minutos de operación será

$$\text{Flujo volumétrico} = 49760 \text{ L} / 30 = 1659 \text{ L/min} = 438 \text{ gal/min}$$

Bomba de Alimentación al Tanque de Gelificación

Puesto que las condiciones de alimentación son similares a las del agua acidulada de entrada al filtro prensa entonces el flujo será de 49,76 TN
 Esto lleva a un requerimiento de una bomba centrífuga con las mismas características de a bomba anterior y por lo tanto con el mismo costo de Bomba de alimentación al Tanque de Lavado

El volumen del gel obtenido es de aproximadamente 490 L, lo cual implicaría el uso de una pequeña bomba con capacidad de flujo de 20 gal/min.

Bomba de Alimentación al Secador Spray Dry

Puesto que las condiciones de alimentación son similares a las del paso anterior entonces se requerirá otra bomba con las mismas características de la anterior bomba y obviamente con el mismo costo

Bomba de Extracción del Tanque de Almacenamiento de Alcohol

La alimentación de alcohol al tanque de gelificación es de 74835 L de alcohol con una densidad aproximada de 0,8 g/mL

Este volumen equivale a 19771 gal los cuales son cargados en un tiempo de 30 minutos lo cual llevaría a un flujo de:

$$\text{Flujo Volumétrico} = 19771 / 30 = 659 \text{ Gal/min}$$

Bomba de Alimentación a la Torre de Destilación

Puesto que una gran cantidad de alcohol se tiene que recuperar, la mezcla alcohol con agua acidificada se bombea a una torre de destilación para recuperar el alcohol, siendo el volumen de la alimentación 124725 L de los cuales, 74835 L, son de alcohol.

El flujo para un tiempo de operación de 4 horas será de:

$$\text{Flujo volumétrico} = 124725 \text{ L} / (4 \times 60) = 520 \text{ L / min} = 137 \text{ Gal / min}$$

Bomba para Reciclar el Alcohol

Se estima una recuperación de alcohol al 95 % de $D = 61495 \text{ kg}$

$$\text{Masa de alcohol} = 0,95 \times 61494 = 58419 \text{ kg}$$

$$\text{Masa de agua} = 3076 \text{ kg}$$

$$\text{Volumen de alcohol} = 58419 / 0,8 = 73023 \text{ L}$$

Volumen de Agua= 3076 L

Volumen de Mezcla= 73023 + 3076 = 76099 L

Flujo de Mezcla = 76099 L / (4x60) = 318 L/min = 84 Gal /min

Especificaciones de los equipos

Especificaciones del Molino para Cáscaras

Unidades: 1

Tipo: Molino de Martillos

Material: Acero 304

Capacidad: 1.4 kg / s

Especificaciones del Reactor Tanque de Hidrólisis

Unidades: 2

Material: Acero Inoxidable Tipo 304

Capacidad: 8000 Galones (30280 L)

Accesorios: Agitador

Especificaciones del Filtro Prensa

Número de Unidades: 1

Material: De acero

Marcos: 35 placas de madera de 2m²

Capacidad: 0,03 pies cúbicos/pie cuadrado = 10 litros/metro cuadrado

Área de Filtración: 70 m²

Especificaciones del tanque de Gelificación

Número de Unidades: 2

Material: Acero inoxidable Tipo 304

Capacidad: 68130 L (18000 Gal)

Accesorios: Agitador

Especificaciones del tanque de lavado con Alcohol

Número de Unidades: 1

Material: Acero inoxidable Tipo 304

Capacidad: 1892,5 L (500 Gal)

Accesorios. Agitador

Especificaciones del Secador Spray-Dry

Temperatura de entrada: $1000^{\circ}\text{F} = 810,8\text{ K}$

Temperatura de Salida: $250^{\circ}\text{F} = 394\text{ K}$

Tiempo de residencia: 16 s

Material del secador: Acero 304

Capacidad de evaporación en lb/hora: 400 - 85500

Especificaciones del Molino para Pectina en Polvo

Número de Unidades: 1

Tipo: Molino de Rodillos

Material: Acero Inoxidable 304

Capacidad: 1kg/s

Especificaciones del Tanque de Almacenamiento de Alcohol

Número:1

Capacidad: 100000 L

Diámetro: 9,15 m

Material: Cilindro de Acero 304

Una información muy actualizada para la selección de tanques de almacenamiento de líquidos a presión atmosférica se halla en la referencia Mukherjee (31)

Especificaciones para Evaporador de Entrada

Calentador: De tubos de acero con distribución triangular horizontal

Presión: 1 atm = 101 KPa

Temperatura de Diseño: $200^{\circ}\text{F} = 366\text{ K}$

Tipo de acero de platos: Acero Inoxidable 304

Especificaciones para el Condensador:

Condensador: Intercambiador horizontal

Presión: 1 atm. = 101 KPa

Temperatura de Diseño:

Tipo de Acero: Acero Inoxidable 304

Especificaciones para el Hervidor

Numero de Unidades: 1

Presión: 1 atm = 101 kPa

Temperatura de Diseño: 366 K

Acero: Acero Inoxidable 304

Especificaciones para la torre de Destilación

Número de Unidades: 1

Tipo de acero: Torre de Acero al carbono

Altura de la torre : 5 m

Diámetro de la torre: 1m

Número de platos: 9

Separación entre los platos: 0,5 m

Especificaciones de las Bombas

Bomba de Alimentación al Filtro Prensa

Unidades: 1

Tipo : Centrifuga

Head:250 ft = 76,25 m

Material: Acero 430

Flujo = 438 gal/min=1659 L/min

Bomba de Alimentación al Tanque de Gelificación

Unidades: 1

Tipo : Centrifuga

Head :250 ft = 76,25 m

Material : Acero 430

Flujo = 438 gal/min=1659 L/min

Bomba de alimentación al Tanque de Lavado

Unidades: 1

Tipo : Centrifuga

Head : 300 =91,15 m

Material : Acero 430

Flujo = =20 gal/min = 75,7 L/min

Bomba de Alimentación al Secador Spray Dry

Unidades: 1

Tipo : Centrifuga

Head:300 ft =91,15 m

Material : Acero 430

Flujo = 20 gal/min = 75,7 L/min

Bomba de Extracción del Tanque de Almacenamiento de Alcohol

Unidades: 1

Tipo : Centrifuga

Head: 300 ft = 91,15 m

Material: Acero 430

Flujo = 659 Gal/min = 2494 L/min

Bomba de Alimentación a la Torre de Destilación

Unidades: 1

Tipo: Centrifuga

Head: 300 ft = 91,15

Material: Acero 430

Flujo = 137 Gal / min = 516 L/min

Bomba para Reciclar el Alcohol

Unidades: 1

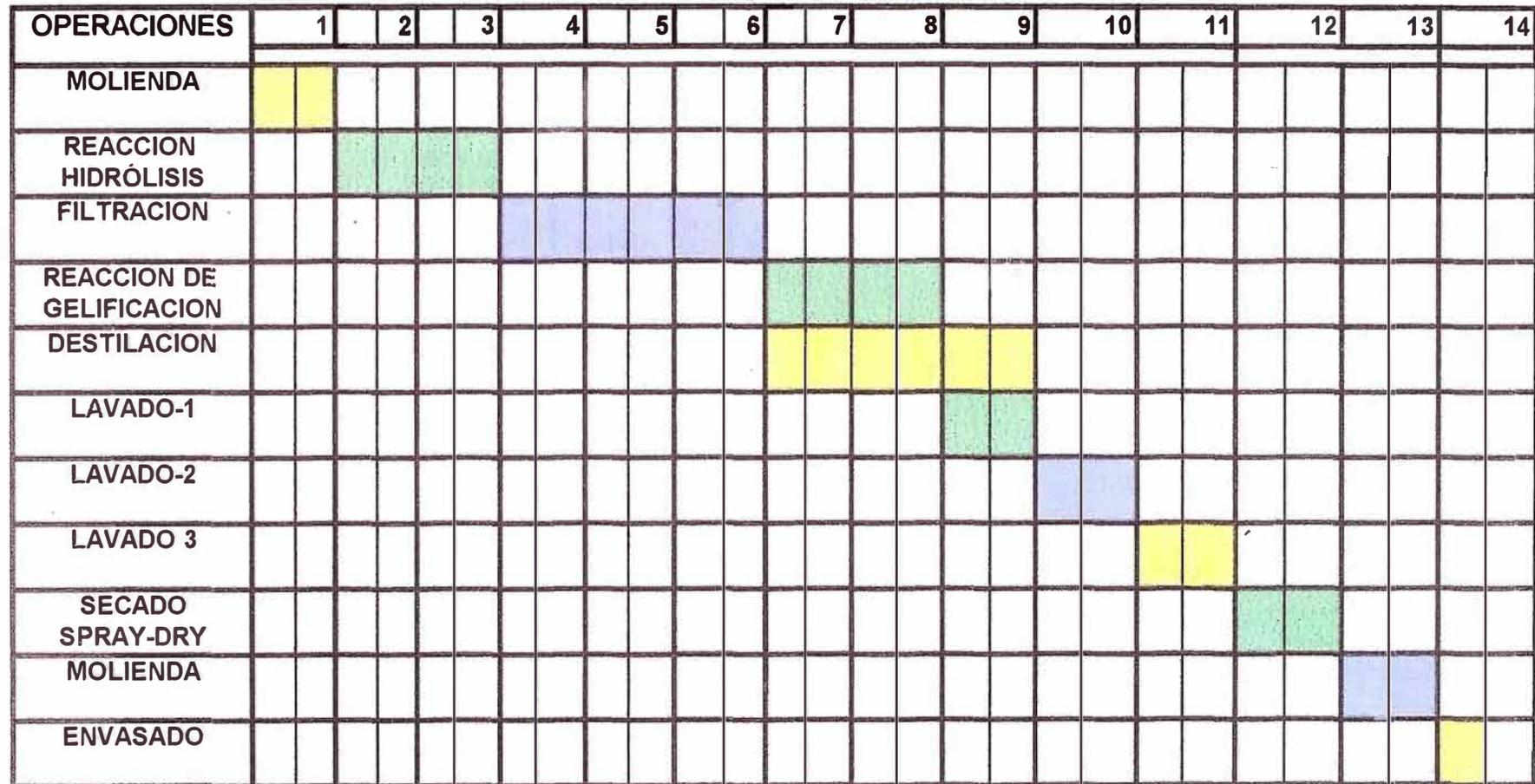
Tipo: Centrifuga

Head: 300 ft = 91,15 m

Material: Acero 430

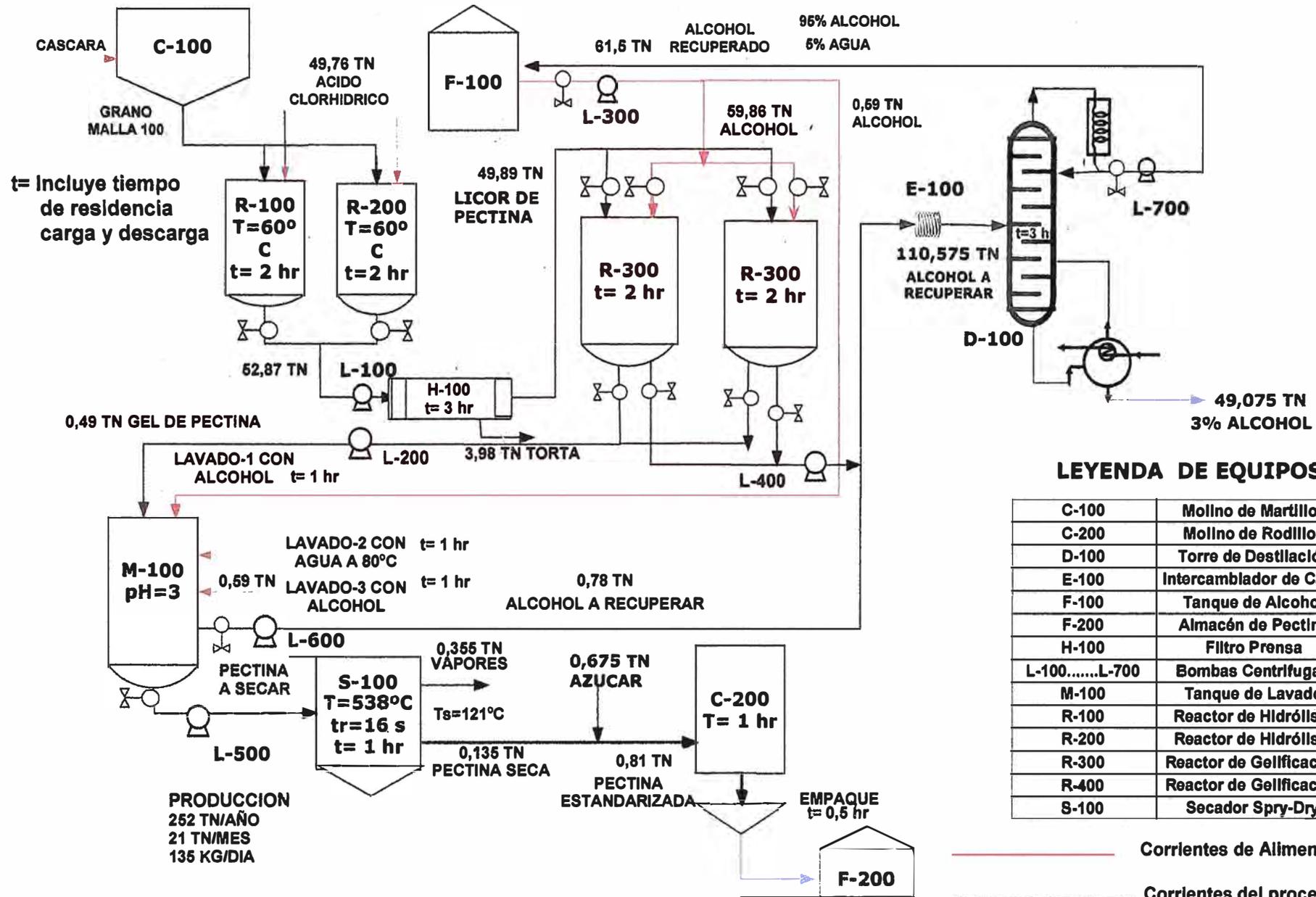
Flujo = 84 Gal /min = 318 L/min

DIAGRAMA DE GANTT DEL PROCESO DE EXTRACCION DE PECTINA



TIEMPO TOTAL DEL PROCESO 13,5 HORAS

FLOW SHEET DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE PECTINA DE LA CÁSCARA DE NARANJA



IV. LOCALIZACION DE LA PLANTA

Es base fundamental para la instalación de una planta industrial, su adecuada localización.

Después de una investigación del lugar concreto, solamente se recomienda haber elegido una localidad que reúna los mejores aspectos económicos; es decir, la mejor localización de una planta industrial corresponde a la que permita obtener mayores utilidades.

Hay una serie de factores que intervienen en la investigación para la localización y muchos de ellos con carácter limitante. En la mayor parte de los casos la localización de una industria depende de los costos de transporte de la materia prima, de los productos terminados y de los costos de producción.

En el estudio se analizan las variables o factores involucrados y por comparación se determina los resultados más ventajosos para la nueva industria a desarrollar

Para determinar la ubicación más idónea de la planta se hace un análisis tomando en cuenta los siguientes factores.

4.1. Vías de acceso

El transporte estará dado fundamentalmente por el transporte desde el lugar de ubicación de la planta hasta Lima, donde se encuentra la mayoría de compradores (fabricantes de yogurts y mermeladas). Las ciudades de Huaral y Chanchamayo están unidas con la capital por medio de vías terrestres asfaltadas que en los últimos años han mejorado su estado notablemente, debido a su constante mantenimiento, especialmente para la segunda en tiempos de lluvia.

4.2. Disponibilidad

4.2.1 Mano de obra

El establecimiento de esta nueva unidad de producción requiere el uso de mano de obra tal como ya antes se ha descrito en la ingeniería del proceso, afortunadamente las dos zonas cuentan con personal no calificado, así como de mano de obra semicalificada, calificada e incluso profesionales debido a que las dos ciudades se hallan cerca a

centros superiores de educación técnica y universitaria

4.2.2 Materia prima

Toda la materia prima a utilizar será de origen nacional, de allí que en cuanto a disponibilidad y costos de los insumos nacionales solo involucran problemas de transporte.

Por lo tanto la ubicación de la planta deberá estar orientada hacia la materia prima debido a la diferencia de volúmenes entre los frutos del naranjo y el producto final que es la pectina en polvo.

La materia prima se produce en gran escala en la costa, desde Lima hacia el norte y en la ceja de selva de algunos departamentos principalmente en el departamento de Junín. Los departamentos de mayor producción según las Estadísticas de Ministerio de Agricultura son: Lima y Junín en los Valles de Huaral y Chanchamayo respectivamente.

4.2.3 Servicios

Tanto en la localidad de Huaral como en Chanchamayo debido al desarrollo de la agroexportación de los últimos años de los diversos valles agrícolas, el problema de la escasez de agua y electricidad ha sido subsanado en la actualidad. Junín cuenta con 5 centrales hidroeléctricas; razón por la cual no se requerirá de que la planta tenga que generar su propio energía eléctrica, con el consecuente alza del costo de producción.

Otro factor que se debe tomar en cuenta es el de las exoneraciones tributarias otorgadas a las industrias que se hallen ubicadas a más de 100 km al Sur o al Norte y a 67 km al Este de cómo mínimo desde la plaza mayor.

De acuerdo a la Ley general de Industrias Ley N° 23407 las empresas industriales descentralizadas gozarán de los siguientes incentivos tributarios.

a) La empresas descentralizadas que están fuera de la provincia de Lima y de la Provincia Constitucional de Callao y dentro del departamento de Lima (como es el caso de Huaral)

-En la reinversión de utilidades, el 60% como porcentaje mínimo reinvertible.

-La exoneración del 37,5% del impuesto al patrimonio empresarial

b)Para las empresas descentralizadas que están fuera de departamento de Lima y de la provincia Constitucional del Callao (como es caso de Chanchamayo):

Podrán reinvertir sus utilidades de acuerdo a las normas contenidas en el título tercero.

Exoneración del cincuenta por ciento del impuesto al patrimonio empresarial.

Puesto que solo existen dos ciudades como alternativas y que tomando en cuenta los antecedentes de industrias que producen néctares y jugos, la ciudad más conveniente como localización de la planta es la ciudad de Chanchamayo.

4.3. Impacto ambiental

El diseño de toda planta de procesos, debe contemplar el impacto ambiental que producirá la instalación y funcionamiento de la misma. Se deberá prever y solucionar el posible impacto sobre el medio acuático terrestre, así como el atmosférico.

4.3.1. Desechos sólidos

Los sólidos que se deberán desechar corresponden a las fibras de las cáscaras las cuales no presentaran un problema de contaminación, pues como ya antes se ha mencionado este material de desecho se puede comercializar como alimento para animales (piensos)

4.3.2 Desechos líquidos

La cantidad de ácido clorhídrico (12M), como parte del proceso se diluye hasta alcanzar un pH de alrededor de 2,5 del proceso, reduciéndose su concentración hasta casi 0,01M, lo cual no producirá un variación significativa del pH de las aguas receptoras de los efluentes. la cual según recomendaciones del Banco Mundial no debe variar entre 6 a 9 de pH.

Por otro lado el proceso implica el manejo de una gran cantidad de

un solvente orgánico, como es el alcohol etílico, sin embargo la mayor parte del mismo es reciclado en un 96% con solo un 4% como desecho a tratar. Puesto que el alcohol etílico es inflamable y tóxico a ciertas concentraciones, es fundamental conocer ciertas pautas proporcionadas por los fabricantes del mismo

4.3.3 Normas de prevención y control ambiental del alcohol etílico

Usualmente las propiedades, manejo, almacenamiento, así como las medidas de seguridad de los insumos químicos, son proporcionadas por el productor o proveedor de los mismos. Así por ejemplo para el alcohol etílico, los productores de etanol proporcionan información valiosa sobre él, lo cual incluye medidas preventivas de almacenaje, incendios o derrames

Todo almacenaje debe ser en recipientes cerrados, dada la naturaleza explosiva del etanol, pues si se llega a una mezcla de etanol/aire de por lo menos un 3% puede ocurrir una explosión. Se dan también las pautas de cómo proceder ante una intoxicación por inhalación y como proceder ante derrames del etanol.

Es obligatorio que todo recipiente que contiene etanol debe tener una etiqueta visible que advierta del peligro de su carácter inflamable y explosivo. (Ver tablas N° 21 y N° 22 del anexo).

El etanol provisto por el proveedor es transportado en camiones cisternas- cerradas con capacidad para 38000 L pudiendo llenar el tanque de almacenamiento de la planta de procesos de pectina (el cual también es cerrado) con tres camiones. La distribución se realizara directamente del fabricante al consumidor, quedando la planta proveedora de alcohol (QUIMPAC-PARAMONGA) a 280Km de Lima; con lo cual estará garantizado el suministro constante de alcohol al proceso.

4.4. Ordenanzas y licencia municipal

Antes de iniciar las operaciones de la planta, se debe obtener Licencia Municipal, que en este caso, se debe de obtener de la Municipalidad de Chanchamayo, la cual con el propósito de incentivar el desarrollo de la

actividad económica de la Región, ha simplificado los procedimientos para la obtención de la referida Licencia.

Según la Ordenanza Municipal N° 03-2008-MPCH, y de acuerdo a la Ley Orgánica de Municipalidades Artículo 79, inciso 3, numeral, 3.5.4 “otorga como facultades exclusivas de las municipalidades distritales en materia de organización del espacio físico y uso del suelo, el normar regular y otorgar autorizaciones, derechos y licencias y realizar la fiscalización de Apertura de establecimientos comerciales, industriales y de actividades profesionales de acuerdo con la zonificación y en materia de Abastecimientos y Comercialización de productos y servicios el otorgar licencias para la apertura de establecimientos comerciales industriales y profesionales.”

“Que siendo necesario fortalecer el potencial comercial y la capacidad para cumplir con las obligaciones y reglamentar el correcto funcionamiento de establecimientos comerciales, industriales y/o servicios, y todas aquellas personas que por su naturaleza requieren de una mayor supervisión a fin de cautelar la tranquilidad, seguridad y bienestar de los vecinos del distrito”.

Según la referida ordenanza están obligados a obtener Licencia de Funcionamiento para el desarrollo de cualquier actividad comercial industrial, y/o servicios, todas las personas naturales o jurídicas nacionales sean extranjeras de derecho privado o empresas que desarrollen actividades en el Distrito de Chanchamayo antes de proceder al inicio de las actividades, debiendo tramitar conforme los procedimientos y requisitos que se establecen en la Ordenanza.

Los requisitos para la licencia de una empresa con una área superior a 500 m², (la planta de procesos es de 1000 m²) comprenden lo siguiente:

1. Formulario de declaración Jurada para obtener la Licencia de Funcionamiento con carácter de Declaración Jurada que incluya: Número de R.U.C. y D.N.I. o Carnet de Extranjería del solicitante tratándose de personas naturales, según corresponda.
2. Vigencia de poder del representante legal en caso de personas

jurídicas

3. Certificado de la Inspección Técnica de Detalle o Multidisciplinaria emitida por INDECI-Ex -Ante el otorgamiento de Licencia de Funcionamiento

4. Pago por derecho de trámite correspondiente

Incluye: derechos de Licencia, compatibilidad de uso.

V. ANALISIS ECONOMICO

5.1. INVERSION

El diseño de una planta debe representar un proceso capaz de operar en condiciones que lleve a la obtención de una utilidad o ganancia, pero siempre acorde con los principios de la ingeniería moderna, es decir cumpliendo un rol de desarrollo de la sociedad aunada a la preservación del medio ambiente tan en boga hoy en día.

Todo proceso industrial implica la inversión de capital y la determinación de la inversión necesaria constituye una parte preponderante para la instalación de una planta industrial que con el transcurso del tiempo revertirá con beneficios.

Debido a la diferente naturaleza de los bienes y servicios, la determinación de una cuantía relativa para fines de evaluación se expresa con un denominador común, el cual es la unidad monetaria.

La tarea de evaluar económicamente requiere medir objetivamente ciertas magnitudes resultantes y combinarlas en operaciones aritméticas a fin de obtener los coeficientes de evaluación para una toma de decisión.

Aunque se busque el procedimiento mas objetivo posible, no se descarta el hecho de que pueden existir diferentes criterios de evaluación, sin embargo una vez definido un criterio y reconocidas como válidas sus premisas, este deberá expresarse en cifras para tomar una decisión definitiva.

Los requerimientos monetarios para la instalación de la planta se pueden agrupar en dos grandes rubros

- Inversión fija
- Capital de trabajo

5.1.1 Activo fijo

Bajo este rubro se consideran los edificios y equipos, que no pueden convertirse inmediatamente en dinero en efectivo.

5.1.2 Inversión fija

La inversión fija incluye la inversión necesaria para diversos rubros:

Equipos Adquiridos

Para el cálculo de los costes de los equipos se ha utilizado los índices de costos y en algunos casos se han obtenido de los fabricantes o importadores de equipos. El costo ha sido expresado en dólares a junio el 2007

Instalación del Equipo Adquirido

La instalación del equipo adquirido requiere mano de obra, soporte, plataformas, gastos de construcción y otros factores relacionados con los mismos. Se estima que el costo de instalación de los equipos varía desde el 35 % al 45% del costo de instalación del equipo.

Instrumentación y controles

El costo total de la instrumentación depende de la cantidad de controles necesarios y puede ser de orden del 6% a 30% de costo de adquisición de todos los equipos

Tuberías y Accesorios

Esta incluye mano de obra, válvulas, tuberías, demás accesorios y otros que se relacionan directamente con el tendido de tuberías que se utilizan en el proceso. El costo de tuberías y accesorios puede llegar al 100% del costo de los equipos adquiridos o al 20% de la inversión de capital fijo.

Instalaciones Eléctricas

Se tienen en cuenta los materiales necesarios para las instalaciones de potencia e iluminación, transformadores y otros. El costo de las instalaciones eléctricas llega a ser del 15% del valor total de los equipos.

Obras Civiles

El costo de las obras civiles, incluyendo servicios para el proceso es del 5 al 18% del costo de adquisición de los equipos.

Instalación de Servicios

Las instalaciones para proveer vapor de agua, agua, potencia, aire comprimido, combustible, protecciones contra incendios, etc. El costo total para estas suele encontrarse en general entre el 30% y

el 80% del costo de adquisición de los equipos.

Terreno

La planta requiere de una área de 1000 m² de terreno y estará ubicado en la ciudad de Chanchamayo donde el costo por metro cuadrado es de S/ 20/m², es decir el costo total del terreno será de S/20000 o en dólares \$6060.

Ingeniería y supervisión

Este costo representa aproximadamente el 10% de la totalidad de los costos directos de la planta del proceso.

Gastos de construcción y de puesta en marcha:

Se considera aproximadamente el 12% de la totalidad de los costos directos de la planta.

Eventualidades

Generalmente se incluye para contrarrestar los efectos de eventos imprevisibles, se encuentran entre 8% y 20% de la inversión de capital fijo.

5.1.3. Capital de Trabajo

El capital de trabajo es la disponibilidad que se requiere para cubrir los desembolsos que permiten iniciar las actividades y sufragar los gastos hasta que se produzcan los ingresos suficientes. Se considera el 10% de la inversión total de capital

La suma de la inversión de capital fijo y de capital de trabajo se conoce como inversión total de capital o simplemente como inversión total

5.2. Costo total del producto

Este costo suele dividirse en dos categorías: costos de fabricación y gastos generales.

5.2.1. Costos de fabricación

En los costos de fabricación se incluyen todos los gastos directamente relacionados con la fabricación o producción y con los equipos fijos de la planta.

A. Materia Prima

Se refiere a la cáscara de la naranja comprada a las plantas procesadoras de jugos y néctares de la zona de Chanchamayo así como todos los insumos químicos que se han utilizado en el proceso lo cual incluiría. el ácido clorhídrico, el etanol y el azúcar para la estandarización La planta operará en su primer año a un 80% de su capacidad instalada y a partir del segundo año al 100% de la misma. Se tomará como base para el cálculo el procesamiento anual al 100% de la capacidad instalada que vendría a ser 252 TM de pectina por año.

B. Mano de obra

Comprende los sueldos de cada obrero incluyendo seguro social, vacaciones y beneficios (\$2120/año) por obrero. El número de obreros será de 8

C. Supervisión directa

En una planta siempre se requiere una supervisión directa (\$7212/año) por supervisor. El número de supervisores será de 2

D. Servicios auxiliares

El costo de los servicios auxiliares como vapor de agua, electricidad agua para el proceso etc. asciende a un 10% del costo total del producto

E. Mantenimiento y reparaciones

Para mantener una planta en eficientes condiciones de operación se requieren considerables gastos en mantenimiento y reparaciones. Los costos anuales para mantenimiento y reparaciones pueden ser tan bajos como el 2% de costo de equipo, si este trabaja en condiciones de operación no muy severas, pudiendo llegar hasta el 20% en caso contrario. En el presente estudio se ha tomado el 2% del valor de los equipos pues las condiciones de operación no son severas (presión atmosférica y temperaturas inferiores a 100°C)

F. Suministro para las operaciones

En toda operación de producción se requieren suministros como planos y diagramas, lubricantes, reactivos para análisis químicos. El costo anual asciende a un porcentaje entre 10%-20% del costo de mantenimiento y reparaciones

Gastos de laboratorio: Incluye los gastos de los ensayos de laboratorio para el control de operaciones y el control de calidad de los productos. Este costo puede situarse entre el 10%-20% del costo de la mano de obra.

G. Depreciación

Los equipos, edificios y otros objetos materiales, que forman parte de la planta industrial en el transcurso de la vida útil de estos bienes, se produce una disminución de su valor. Generalmente se utiliza el método lineal para determinar la depreciación.

La tasa anual de depreciación de maquinarias y equipos suele calcularse en el 10% de la inversión de capital fijo aproximadamente

H. Impuestos locales

En las zonas de menor densidad poblacional los impuestos son del orden de 1%-2% de inversión de capital fijo.

I. Seguros

El costo de los seguros depende del tipo de proceso que se realiza en la fábrica y del grado de protección existente. Los gastos de este rubro son del orden del 1% anual de la inversión de capital fijo.

5.2.2. Gastos generales

Se refiere a los gastos de administración, distribución y marketing e investigación.

A. Gastos Administrativos

Considera salarios y jornales de administradores, secretarías, contadores etc. Los gastos de administración pueden

estimarse entre un 2%-5% de costo total del producto.

B. Gastos de distribución y marketing

Son los gastos que se incurre para vender los productos como gastos de expedición, costos de envases, gastos de publicidad. Estos gastos ascienden desde un 2% hasta un 20% de costo total de producto.

C. Gastos de investigación

Estos gastos incluyen salarios de todo el personal directamente involucrado con este tipo de actividad. Estos gastos ascienden desde un 2% hasta 5% del costo total del producto.

El costo total del producto viene a ser a suma de los costos de fabricación y de los gastos generales.

Para determinar el costo unitario se divide el costo total del producto entre la producción total. Comparando este costo unitario con el precio de venta en el mercado (precio de venta a distribuidores) se obtendrá la posible ganancia.

Como referencia se puede indicar que el costo del producto en el mercado es en promedio de \$ 20/kg

Inversión Total de Capital

Costos (CD)	US\$
1. Equipos adquiridos	1346948
2. Instalación (40%)	538779
3. Instrumentación y controles (18%)	242450
4. Tuberías y accesorios (20%)	752438
5. Instalaciones eléctricas (15%)	202042
6. Obras civiles (10%)	134695
7. Instalación de servicios (40%)	538779
8. Terreno	6060
Total	3 762 191

Costos Indirectos

9. Ingeniería y Supervisión	376219
-----------------------------	--------

10. Gastos de construcción y puesta en marcha	451463
11. Eventualidades	376219
Total	1203901
Inversión de capital Fijo (CD + CI)	4966092
Capital de Trabajo	496609
Inversión Total de Capital	5 462 701
Costo Total del Producto	
Costos Directos de Fabricación	(CDF)
Costos Directos de Producción	
1. Materia Prima	\$ 478393
Cáscara de Naranja= 81000 kg x 0,05 x 12 =	48600 soles
Cáscara de Naranja = 48600soles x 3,3soles/dolar=	\$ 4727
Acido Clorhídrico = 41,5 kg/mesX12mes x 1,1dolar/kg =	\$ 548
Alcohol Eílico = 74835kg/mes x 0,317\$/kgx12mes =	\$ 336758
Azúcar = 17550kg/mes x 0,6\$/kg x12 mes =	\$126360
2. Mano de Obra	16968
Pago de 8 obreros = 8 hx 2121\$/h =	\$16968
3. Supervisión Directa	14424
Pago de 2 supervisores= 2 s x7212\$/s =	\$14424
4. Servicios Auxiliares	58574
5. Mantenimiento y reparación	26182
6. Suministro para las operaciones	3927
7. Gastos de laboratorio	1697
Total	60165
Gastos Fijos (GF)	
8. Depreciación	546270
9. Impuestos locales	86103
10. Seguros	57402
Total	689775
Costo de Fabricación	1 275 516
Gastos Generales (GP)	

1. Gastos Administrativos	39098
2. Gastos de distribución y marketing	95490
3. Gastos de investigación	39098
Total	173686

Costo Total del Producto (CTP)

CTP = Costos Fabricación + Gastos Generales

CTP = 1275516 + 173686 = 1449202

Costo Total del Producto 1449202

Se debe tener en cuenta que este costo esta referido para una producción anual.

Costo Unitario del Producto

Costo Unitario = $1449202 / 252 = \text{USD } 5750,8 / \text{TN}$

Costo Unitario = USD 5,75/kg

Los cálculos previos se pueden resumir en los siguientes cuadros

5.3. Presupuesto de Ingresos y Egresos

Los resultados de rentabilidad (VAN, TIR) mostraran la rentabilidad del proyecto lo cual implicaría su viabilidad, mas aun que no existen proyectos a corto y mediano plazo para la construcción de plantas procesadoras a nivel de Latinoamérica, esto da una ventaja competitiva pues los precios se pueden manejar para lograr la introducción del producto previa evaluación en las plantas de los futuros usuarios de la pectina.

Los ingresos y egresos se han tomado de manera lineal para la evaluación cosa que en la práctica no se da, sin embargo es una práctica habitual en la evaluación de estudios de prefactibilidad.

5.4. Flujo Neto de Fondos

Viene a ser el beneficio neto de cada año. Toda evaluación se realiza en dólares debido a su mayor estabilidad como moneda y su uso frecuente en el comercio internacional.

Se ha considerado en la evaluación económica:

1. Moneda constante referida al año cero
2. Una vida útil de 10 años al cabo del cual se recupera el capital de trabajo

3. Precio de venta del producto \$18/kg

4. Depreciación lineal.

5. Impuestos

-A la Renta.30% de la Renta Neta.

-Itintec: 2% de la Renta Neta

6. Utilidad Neta:

Reserva Legal: 10% de la utilidad neta

Utilidad Retenida:1% de la utilidad neta

Dividendos: 89% de la Utilidad Neta

A la utilidad neta se le adicionara la depreciación, obteniéndose así el flujo neto de fondos

Con el precio de venta de \$18/kg se tendría un ingreso para una producción anual de 240 TN la suma de:

Ingresos Anuales = $18 \times 240000 = \$ 4\,320\,000$

Costo total del Producto = \$ 1 449 202

Utilidad Anual antes de Impuestos= $\$ 4320000 - \$1\,449202 = \$3086798$

Considerando un impuesto a la renta de 30% se tiene:

Utilidad Neta Anual después de Impuestos= $\$3086798 \times 0,7 = \2160759

Dividendos = Utilidad – Reserva Legal (10%) – Utilidad Retenida (1%)

Dividendos = $\$2160759 - \$216759 - \$ 21676 = \1922324

Flujo Neto de Fondos = Utilidad Neta + Depreciación

Flujo Neto de Fondos = $\$2160759 + \$ 546270 = 2707029$

5.5. Rentabilidad

En una evaluación es frecuente el uso de criterios de evaluación como el Valor Actual Neto (VAN) y la Tasa Interna de Retorno (TIR) aun cuando los dos ofrecen resultados adecuados para medir a rentabilidad de la instalación de una planta. Si bien técnicamente el criterio de VAN es superior al de la TIR, se estila presentar ambos. Más que sustitutos entre dos criterios, ellos son

complementarios.

5.5.1. Valor Actual neto (VAN)

Calculando el VAN para una tasa de interés de descuento del 10%
 $i = 0,10$

FNF_t = Flujo Neto de Fondos Total para un periodo de 10 años

$$VAN = \sum FNF_t / (1 + i)^t =$$

$$VAN = 6.051 \text{ (MMU\$)}$$

5.5.2. Tasa Interna de Retorno

El criterio de la Tasa Interna de Retorno (TIR) evalúa en función de una única tasa de rendimiento por periodo que iguala a cero el valor actualizado del flujo neto de fondos

$$\sum \frac{FNF_t}{(1 + r)^t} = 0$$

Donde r es la tasa interna de retorno (TIR)

La tasa así calculada se compara con la tasa de retorno de la empresa o de un valor referencial de la competencia. Si la TIR es igual o mayor que ésta, la inversión debe aceptarse y si es menor debe rechazarse.

Con los datos de la tabla usados para calcular el VAN se calcula el valor de r :

$$r = 0,33 \quad \text{Tasa Interna de Retorno (\%)} = 33\%$$

Valor que es muy superior a las tasas de interés más altas del mercado que pueden llegar hasta un valor de 0,12

5.5.3. Relación Beneficio-Costo

El cuadro de flujo de fondos permite obtener los datos para evaluar la relación beneficio-costos y por lo tanto la rentabilidad del proyecto durante la vida útil del mismo la cual es de 10 años, al cabo del cual se recuperará el capital de trabajo.

Se ha considerado la financiación del proyecto con recursos propios, encontrándose que el proyecto es rentable bajo esas

externa a una tasa de interés acorde con el promedio del mercado
Aplicando la relación Beneficio/ Costo con los datos de la tabla se
obtiene el siguiente valor:

Relación Beneficio-Costo: 4.215

Estos resultados muestran que el proyecto es rentable pues el
VAN tiene un valor mayor que cero y el TIR casi triplica el valor
de las tasas de interés del mercado

5.6. Análisis de Sensibilidad

Un análisis de sensibilidad implica un estudio del impacto sobre la
rentabilidad del proyecto, si variasen los precios, el costo de producción,
la inversión etc.

A continuación se presentan tabulados la sensibilidad a los costos de
producción, al volumen de ventas, a la inversión y al precio local del
producto teniendo en cuenta que parte de la producción se exportará.
No se ha considerado la sensibilidad el costo de la materia prima pues
su variación en los últimos 10 años es no significativa.

Un análisis de los datos tabulados indican que el proyecto es mas
sensible al volumen de ventas, seguido por el precio local del mercado,
sin embargo aun en las condiciones mas adversas los valores del VAN
en ambos casos dan un resultado rentable, por lo tanto se concluye que
el proyecto es poco riesgoso.

**Cuadro N° 5.1 Costos de Equipos
Adquiridos**

UNIDADES	EQUIPOS	PRECIO (US\$)	PRECIO TOTAL(US\$)
1	MOLINO DE MARTILLO	80000	80000
2	REACTOR DE HIDRÓLISIS	253000	506000
1	FILTRO PRENSA	96000	96000
2	TANQUE DE GELIFICACION	59600	119200
1	TANQUE DE LAVADO-1	38800	38800
1	TANQUE DE LAVADO- 2	38800	38800
1	SECADOR SPRY DRY	275725	275725
1	MOLINO DE RODILLOS	40000	40000
1	PRECALENTADOR EQUIPO	24632	24632
1	DESTILACION	82480	82480
7	SISTEMA DE BOMBAS	Varios	37811
1	TANQUE DE ALMACENAMIETO	7500	7500
		Totales	1346948

**Cuadro Nº 5.6 Costo Total de Produccion Anual
(US\$)**

	US\$
Costos de Fabricación(CF)	
a) Costos Directos de Fabricacion (CF)	
1.Materia prima y otros Materiales	478393
2.Mano de Obra	23752
3.Supervisión Directa	14424
4.Servicios Auxiliares	58574
5.Mantenimiento	26938
6.Suministros para la Operación	3927
7. Gastos de Laboratorio	1697
Total (CD)	607705
b) Gastos Fijos (GF)	
1.Depreciacion(Lineal)	546270
2. Impuestos Locales	86103
3. Seguros	57402
Total (GF)	689775
(CD) + (GF)+ = Total (CF)	1297480
Gastos Generales (GG)	
a) Gastos Administrativos	39098
b) Gastos de Distribucion	95490
c)Gastos de Investigación y Desarrollo	39098
Total(GG)	173686
Costo Total de Produccion	1471166

**Cuadro N° 5.7 Estado de Ganancias y Pérdidas Proyectado-Evaluación Económica
(MMUS\$ de 0)**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos	3,933	3,964	3,999	4,054	4,012	4,012	4,168	4,312	4,402	4,553
Egresos										
Materia Prima	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478	0,478
Costos Variables	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371	0,371
Costos Fijos	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600	0,600
Gastos d Produccion	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449	1,449
Utilidad Bruta	2,484	2,515	2,550	2,605	2,563	2,563	2,719	2,863	2,953	3,104
Gastos Administrativos	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039
Gastos de Ventas	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095	0,095
Utilidad de Operación	2,350	2,381	2,416	2,471	2,429	2,42900	2,585	2,729	2,819	2,970
Depreciacion	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546
Renta Neta	1,804	1,835	1,870	1,925	1,883	1,883	2,039	2,183	2,273	2,424
Impuesto a la Renta	0,5412	0,5505	0,561	0,5775	0,5649	0,5649	0,6117	0,6549	0,6819	0,727
Utilidad Neta	1,263	1,285	1,309	1,348	1,318	1,318	1,427	1,528	1,591	1,697
Reserva Legal	0,126	0,128	0,131	0,135	0,132	0,132	0,143	0,153	0,159	0,170
Utilidad Retenida	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Dividendos	1,124	1,143	1,165	1,200	1,173	1,173	1,271	1,362	1,419	1,514

Cuadro N°5.8 Flujo Neto de Fondos
(US\$ a 0)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A. INVERSIONES											
Inversion Propia	4,966	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de Trabajo		0,496	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,496
Total de Inversion	4,966	0,496	0	0	0	0	0	0	0	0	-0,496
B. UTILIDAD NETA	0	1,263	1,285	1,309	1,348	1,318	1,427	1,465	1,528	1,591	1,683
C. DEPRECIACION	0	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546	0,546
D. FLUJO NETO DE FONDOS (FNF = B+C-A)	-4,966	1,313	1,831	1,855	1,894	1,864	1,973	2,011	2,074	2,137	2,725

Cuadro N° 5.9 Calculo del VAN

Año	Flujo Neto de Fondos (MMUS\$/Año)
0	(4.966) Inversión de Capital
1	1,313
2	1,831
3	1,855
4	1,894
5	1,864
6	1,973
7	2,011
8	2,074
9	2,137
10	2,725

Cuadro N° 5.10 Beneficios y Costos

Año	COSTOS(MMU\$/AÑO)	BENEFICIOS(MMU\$/AÑO)
0	(4,966) Inversion de Capital	0.000
1	0.496	3.933
2	0.000	3.964
3	0.000	3.999
4	0.000	4.054
5	0.000	4.102
6	0.000	4.168
7	0.000	4.222
8	0.000	4.312
9	0.000	4.402
10	0.000	4.533
VPC	5.462	VPB 23.02
	RELACION B/C	4.215

Cuadro N° 5.11 Análisis de Sensibilidad a los Costos de Producción

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
80	1,516	2,033	2,058	2,096	2,067	2,176	2,214	2,277	2,34	2,928	7,180
90	1,414	1,932	1,956	1,955	1,966	2,075	2,113	2,176	2,239	2,826	6,590
100	1,263	1,831	1,855	1,894	1,864	1,973	2,011	2,074	2,137	2,725	6,050
110	1,211	1,729	1,749	1,792	1,763	1,872	1,91	1,973	2,036	2,623	5,480
120	1,11	1,628	1,652	1,691	1,696	1,77	1,808	1,871	1,934	2,522	4,350

Cuadro N° 5.12 Análisis de Sensibilidad al Volumen de Ventas

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
80	0,762	1,276	1,295	1,326	1,302	1,390	1,420	1,470	1,521	2,09	2,835
90	1,037	1,533	1,575	1,610	1,583	1,682	1,716	1,772	1,829	2,407	4,427
100	1,263	1,831	1,855	1,894	1,864	1,973	2,011	2,074	2,137	2,725	6,050
110	1,588	2,108	2,135	2,177	2,145	2,265	2,307	2,376	2,445	3,042	7,657
120	1,863	2,385	2,415	2,461	2,426	2,557	2,602	2,678	2,753	3,179	9,201

Cuadro N° 5.13 Análisis de Sensibilidad a la Inversión

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
80	1,466	1,928	1,953	1,991	1,962	2,071	2,109	2,172	2,235	2,768	7,526
90	1,364	1,882	1,906	1,945	1,916	2,025	2,063	2,126	2,189	2,776	6,790
100	1,263	1,831	1,855	1,894	1,864	1,973	2,011	2,074	2,137	2,725	5,994
110	1,161	1,729	1,81	1,853	1,824	1,933	1,971	2,034	2,097	2,795	5,271
120	1,060	1,744	1,768	1,807	1,812	1,886	1,924	1,987	2,050	2,804	4,603

Cuadro N° 5.14 Análisis de Sensibilidad al Precio Local del Producto

%	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	VAN
80	1,083	1,638	1,650	1,662	1,676	1,697	1,71	1,735	1,760	2,343	4,620
90	1,206	1,778	1,802	1,835	1,861	1,905	1,949	2,013	1,949	2,559	5,580
100	1,263	1,831	1,855	1,894	1,864	1,973	2,011	2,074	2,137	2,725	6,010
110	1,412	2,008	2,052	2,111	2,162	2,244	2,325	2,444	2,325	2,990	7,397
120	1,514	2,123	2,178	2,249	2,312	2,413	2,514	2,661	2,514	3,207	7,541

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los estudios a nivel de laboratorio y planta piloto, muestran que los parámetros a considerar para un buen rendimiento de la pectina cítrica, son la relación entre la masa de cáscara respecto a la cantidad de ácido clorhídrico (1/16). La mayor cantidad de gel a precipitar se logra con una concentración de alcohol al 60% de toda la mezcla.
2. La temperatura recomendada para la hidrólisis es de 60°C.
3. El pH óptimo de operación para extracción en la mezcla, se da en un rango de 2-3.
4. El alcohol utilizado en la gelificación se debe reciclar, siendo el método más apropiado un proceso de destilación continua, pues de lo contrario los costos serían muy altos, debido al gran volumen del alcohol a utilizar.
5. El secado se realiza por atomización, el cual permite obtener una pectina en forma de polvo, con una granulometría que es de aceptación para la mayoría de empresas usuarias de la pectina.
6. Algo que debe tenerse muy en cuenta, que afecta dramáticamente la rentabilidad del producto, es el hecho de que la pectina no se comercializa pura, es decir no se empaca después del secado y la molienda final, sino que se estandariza mezclándola con azúcar en una proporción de 1 a 5, lo cual reduce notablemente los costos del kilogramo de pectina.

Este hecho muchas veces se ha ignorado en diversos estudios de prefactibilidad que se han realizado en los últimos 20 años, lo cual llevaba a un costo del producto (pectina pura) que superaba los \$ 40/kg, valor que lo colocaba fuera de mercado y por lo tanto al proyecto como no viable.

7. Los costos también se ven reducidos, por el bajo costo de la materia prima, la cual es un residuo de otras industrias, es este caso fabricantes de néctares y concentrados de naranja.
8. El precio estimado que permite una gran rentabilidad es el de \$18 /kg. frente a un costo unitario de USD 5,75 /kg. Esto permite un manejo del mismo pues en muchos casos los distribuidores locales mantienen un precio promedio de US\$ 20/kg lo cual permitiría la entrada en el mercado con mayor rapidez.
9. Los resultados del VAN y del TIR indican la rentabilidad del proyecto,

mientras que el análisis de sensibilidad muestra como poco riesgoso el mismo y por lo tanto se acepta como una buena alternativa para producir la pectina en el país satisfaciendo totalmente la demanda interna al cabo de los 10 años del proyecto, pues se observa una mayor rentabilidad para la comercialización a nivel nacional local.

VII. BIBLIOGRAFIA

1. ACUÑA G. , “Extracción y Caracterización de Pectina a partir de cortezas de Toronja (Citrus Paradisi) “Tesis Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, 1990, Págs.:40-90.
2. BRASPECTINA, HELM, “Pectinas, Alternativa Natural para tus Alimentos” Simposio Alimentario, México, Págs.:1-27, Sep. 1993
3. BRAVERMAN J., “Introducción a la Bioquímica de los Alimentos”, Editorial Omega, Barcelona 1967, Pág.: 355.
4. BROWN G.”Operaciones Unitarias en Ingeniería Química”, Editorial Marín S.A., España, 1965, Págs.: 8, 88-93.
5. COULSON J., RICHARDSON F.,” Ingeniería Química, Vol II, Operaciones Básicas”, Editorial Reverte, España, 1988, Págs.:434-447.
6. CHARLEY H. “TECNOLOGIA DE ALIMENTOS”, Editorial Limusa, México 1987, Págs.: 731-737.
7. CHEN W. “Solid-Liquid Separation Via Filtration”, Chemical Engineering Feb 1997, Pags: 66-72
8. CHOY A. “Estudio Técnico Económico para la Instalación de una Planta para la Producción de Pectina de Residuos Cítricos”, Tesis Facultad de Ingeniería Química, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1977, Págs.: 9-12.
9. CRUESS W. “Commercial Fruit and Vegetable Products”, Editorial Ms Graw Hill, New York, 1958, Pages: 428-440.
10. DEVIA J. “Proceso para producir Pectinas Cítricas” Revista Universidad EAFIT, Colombia, 2003, 20-29.
11. DYSERT L. “Sharpen Your Capital – Cost- Estimation Skill”, Chemical Engineering, Oct 2005, Pags: 70-80.
12. Earle R.L., “Ingeniería de los Alimentos”, Editorial Acribia, España, 1979, Pág.324.
13. FERRO R. , CASTELBLANCO H. “Extracción y Caracterización de Pectina de dos Variedades de Guayaba (Psidium Guajaba)” Tecnología, Colombia, 1969, 11(57): 30-42.
14. FOGLER H. “Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas” Editorial Prentice Hall, México, 2001, Págs. 16-21.

15. FOUST A. WENZEL L. CLUMP C., MAUS L. ANDERSEN L., "Principios de Operaciones Unitarias", Editorial Continental S.A., México, 1985, Págs.: 419-420.
16. GEANKOPOLIS CH. "Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias" Editorial CECSA, México, 1986, Págs.: 648-662.
17. GARCIA M., "Extracción de Pectina a partir de Deshechos Industriales de Membrillo", Tesis Facultad de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 1978, Págs.: 40-44
18. GILL B.S. "Selecting Streams in Pinch System" Chemical Engineering May 2005, Pag: 55-57.
19. GRISKEY R. "Chemical Engineering for Chemists" Editorial American Chemical Society, 1997, Page 10-12., 193-201.
20. GUERRERO H. CRUZ B., ARBOLEDA A. "Obtención de Pectina de Naranja", Revista de Ciencias Agrícolas, Colombia, 3(2): 41-48, 1971
21. HOUSEN O.; WATSON K., RAGATZ R. "Principios de los Procesos Químicos" Tomo II .Editorial Reverte, España 1954, Pag 361-362.
22. HUANG M G., "Improved Method for the Extraction of Pectin" Florida State Horticultural Society, Nº 5101, 260-261, 1973
23. HUERTA G. "Extracción de Pectina a partir de la cáscara de Membrillo (Sidonia Oblonga), por el método de precipitación por sales", Tesis Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, 1990
24. JHONSON R., BREENE W. "Pectin Gel Strength Measurement" Food Technology, Vol. 42, pages 87-93, Feb. 1998.
25. KERN D., "Procesos de Transferencia de Calor" Editorial CECSA, México 1986, Págs.: 99, 259, 811-815.
26. KIRK-OTHMER "Enciclopedia de Tecnología Química", Editorial Uthea México, 1962, Págs.: 794-807.
27. LATTMAN M., LAIBLE R. "Batch Drying the Indirect Solution to Sensitive Drying Problems", Chemical Engineering, Nov 2005, Pags: 34-39.
28. LEVI A., BEN-SHALON N. PLAD D., REID D. "Effect of blanching and drying on pectin constituters and related characteristics of dehydrated peaches", Journal of Food Science, vol. 53, Nº 4, Page: 1187-1203, 1988.

29. MACEDA B., SANCHEZ, "Obtención de Pectina a partir de los frutos de los géneros Citrus y Pasiflora", Tesis Químico Farmacéutico, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 1987, Pág.: 83.
30. MANGANERO J. "Estimate the Capacity of Simple Batch Processes", Chemical Engineering Progress, August 2002, Pags: 70-76.
31. MC CABE, SMITH, HARRIOTT, "Operaciones Unitarias en Ingeniería Química" Editorial Mc Graw Hill, /Interamericana Editores S.A., México, 2002, Pags: 866-868, 1072-1074, 1085-1095.
33. MC CREADY R.M. MC COMB E.A., "Extraction and determination of total pectin materials", Analytical Chemistry, Washington, 24(12):1986-1988, 1952.
34. MUKESH D. "Troublefree Reaction Scaleup", Chemical Engineering, Jan 2002, Pags: 46-53.
35. MUKHERJEE S. "Understanding Atmospheric Storage Tanks" Chemical Engineering ,April 2006, Pags. 74-84.
36. MULLER HG., "Cultivo de cítricos "Universidad Nacional Agraria La Molina, Departamento de Publicaciones, 1965, Pág.: 14.
37. NAGY S. SHAN P., VELHEDIS M. "Citrus Science and Technology", The AVI Publishing INC, Vol II, USA, 1977, Pags: 308-315.
38. PALLUZI R. "But what will it Cost? The keys to Success in Pilot Plant Cost Estimating", Chemical Engineering, Nov 2005, Pags: 40-45.
39. PALLUZI R. "Pilot Plant Cost Estimating: Choose the Right Estimating Method", Chemical Engineering, Dec 2005, Pags: 42-46.
40. PETERS B., CALLAERTS "Harnessing Boost Batch-Batch Consistency", Chemical Engineering, Jun 2005, Pags 56-57.
41. PETERS M., "Diseño de Plantas y su Evaluación Económica para Ingenieros Químicos" Editorial Géminis S.R.L., Buenos Aires, 1978. Pág. 139-143.
42. PETERS M. "Plant Design and Economics for chemical Engineering" Edit. McGraw Hill International Editions, 4a Edition, 1991, pag 203.
43. PERRY R., HILTON C. "Manual del Ingeniero Químico", Editorial Mc Graw Hill latinoamericana S.A., México, 1982, Vol. I Pags: 8-41 – 8-46 ; Vol. II

- Pág.:19-51 – 19-58,19-73 – 19-98.
44. PERRY R., HILTON C."Biblioteca del Ingeniero Químico", Editorial Mc Graw Hill Latinoamericana S.A., México, 1986, Vol.II Pags: 6-92– 6-94
 45. PAVLOV K., ROMANKOV P., NOSKOV A. "Problemas y Ejemplos para el Curso de Operaciones Básicas y Aparatos en Tecnología Química", Editorial MIR, Moscú, 1981 Pags: 113-122.
 46. PRIMO Y., "Química Agrícola, Tecnología de Productos Alimenticios" Tomo III, Editorial Alambra S.A., España, 1981, Pags: 383-384,395
 47. REPETTI R., TSENG M. "Predict Filter Performance with Beta Ratios", Chemical Engineering, Aug 2005, Pags 44-46, 48-51.
 48. RING Z. "Enhance Excel for Estimating Parameters", Chemical Engineering. Mar 2003, Pags: 66-69.
 49. SAHASRANAMAN K. "A Primer for Selecting Specifying Process Equipment", Chemical Engineering, April 2005, Pags: 53-58.
 50. SHOLS H. FONS V. "Differences in Methyl Ester Distribution of Pectin" Wageningen University, Dep. Agrotechnology and Food, Laboratory of Food Chemistry, 2000, Pags: 7-8.
 51. SMITH M. "Proper Use of Contingency Brings Budgets Closer to Target", Chemical Engineering, Jan 2003, Pags: 63-66.
 52. SMITH R., LOONG K. "Optimizing Batch Operations", Chemical Engineering Progress, January 2006, Pags: 31-36.
 53. ULRICH G., "Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química", Editorial Mc Graw Hill, México, 1993, Pags: 29-40, 81-82, 236, 242, 260-266,338-347
 54. TURTON R., BAILIE R., WHITING W, SHAEIWITZ J. "Analysis, Synthesis, and Design of Chemical Processes", Editorial Prentice Hall, USA, 2002,
 55. VATAVUK W. "A Potpourri of Equipment Prices", Chemical Engineering, August 1995, Pags: 68-73.
 56. VATAVUK W. "Updating the CE Plant Cost Index", Chemical Engineering, January 2002, Pags.: 62-70.
 57. WALAS S. "Ingeniería de los Reactores Químicos", Editorial Aguilar, México, 1972, Pág.: 328

ANEXOS

Anexos del Capítulo I

Cuadro N° 1. PERU: PRODUCCION DE NARANJA,
AREA COSECHADA Y RENDIMIENTO, SEGUN 2006

Región / Subregión Nacional	Producción (TN)	Superficie (ha)	Rendimiento (TN/ha)
Grau	1667	417	3998
Tumbes	16	5	3200
Piura	1651	412	4007
A.Avelino Caceres	110803	8133	13624
Huanuco	8319	656	12681
Pasco	3936	359	10964
Junin	98548	7118	13845
Lima	28319	2413	11736
JoseC. Mariategui	19770	1956	10107
Puno	19648	1938	10138
Moquegua	122	18	6778
Ucayali	20146	2494	8078
San Martin	7920	831	9531
Loreto	1010	166	6084

Fuente: (Oficina de Estadísticas del Ministerio de Agricultura).

Cuadro N° 2 CONTENIDO DE PECTINA EN FRUTAS

Fruta	Porcentaje de Pectina	
	Materia Fresca	Materia Seca
Cáscara de Manzana	2	17
Cáscara de Limón	3	32
Cáscara de Naranja	4	35
Pulpa de Remolacha	1	28

Cuadro N° 3 IMPORTACION DE PECTINA

PERIODO 2000-2006

AÑO	PESO KG	VALOR FOB US\$	VALOR CIF US\$	VALOR FOB US\$/KG	VALOR CIF US\$/KG
2000	55429	650887	670505	11.74	12.10
2001	52710	621375	643442	11.79	12.21
2002	74640	837085	864464	11.21	11.58
2003	80345	1002770	1026155	12.48	12.77
2004	119651	1412928	1468989	11.81	12.28
2005	106542	1230057	1309965	11.55	12.30
2006	180800	2205760	2260000	12,2	12,50

**Cuadro N° 4. CONSUMO DE PECTINA A NIVEL
DEL ÁREA ANDINAY MERCOSUR 2005**

PAIS	CONSUMO ANUAL TN
BOLIVIA	5
COLOMBIA	100
CHILE	200
ECUADOR	12
PERU	180
VENEZUELA	100
TOTAL	997
ARGENTINA	400

Cuadros de Importaciones de Pectina Periodo 2000-2006

Cuadro N° 5

Re porte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2000

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
DK:DENMARK	282,801.85	289,414.11	24,700.00	26,020.00	43.16
MX:MEXICO	165,681.40	171,284.13	12,260.00	13,411.00	25.54
CH:SWITZERLAND	104,200.00	106,080.03	10,000.00	10,930.00	15.82
FR:FRANCE	37,489.79	38,752.25	4,000.00	4,286.00	5.77
BE:BELGIUM	21,367.26	21,799.34	1,225.00	1,283.90	3.25
MX:MEXICO	13,860.00	15,829.50	900.00	1,006.00	2.36
DE:GERMANY	11,010.00	11,437.27	1,000.00	1,041.00	1.70
HU:HUNGARY	4,500.00	4,781.88	1,000.00	1,118.00	0.71
ES:SPAIN	4,450.00	4,563.32	5.00	7.30	0.68
BR:BRAZIL	4,290.00	4,858.69	300.00	336.00	0.72
IE:IRELAND	747.50	1,199.13	25.00	28.00	0.17
US:UNITED STATES	489.19	505.19	14.52	16.00	0.07
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL -->	650,886.99	670,504.84	55,429.52	59,483.20	100

Cuadro N° 6

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2001

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	238,757.20	244,773.55	18,955.00	20,831.30	38.04
DK:DENMARK	164,381.59	168,652.71	14,930.00	15,886.00	26.21
BE:BELGIUM	91,058.01	93,335.21	4,925.00	5,215.13	14.50
FR:FRANCE	69,695.00	75,346.02	7,700.00	8,249.00	11.70
CH:SWITZERLAND	52,984.00	56,514.01	5,200.00	5,494.00	8.78
HU:HUNGARY	4,500.00	4,821.08	1,000.00	1,104.00	0.74
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL ->	621,375.80	643,442.58	52,710.00	56,779.43	100

Cuadro N° 7

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2002

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	477,150.30	486,854.66	41,670.00	46,010.52	56.31
DK:DENMARK	115,338.00	122,291.26	8,810.00	9,232.36	14.14
FR:FRANCE	92,797.61	96,453.89	10,800.00	11,629.83	11.15
CH:SWITZERLAND	67,332.00	72,087.63	6,000.00	6,344.01	8.33
DE:GERMANY	31,190.50	32,302.52	2,750.00	2,910.48	3.73
US:UNITED STATES	21,198.33	21,642.59	1,625.03	1,707.94	2.50

BR:BRAZIL	18,582.24	19,109.44	2,010.00	2,094.00	2.21
BE:BELGIUM	13,496.54	13,722.29	975.00	1,031.60	1.58
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL →	837,085.52	864,464.28	74,640.03	80,960.74	100

Cuadro N° 8

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2003

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	587,492.50	598,408.41	43,670.00	47,527.38	58.31
DK:DENMARK	184,091.42	187,076.19	14,100.00	14,692.14	18.23
FR:FRANCE	88,444.95	91,360.12	10,475.00	11,275.00	8.90
CH:SWITZERLAND	70,965.00	75,915.78	5,900.00	6,219.00	7.39
NL:NETHERLANDS	60,805.55	62,034.10	5,000.00	5,194.00	6.04
DE:GERMANY	7,250.00	7,578.76	1,000.00	1,046.00	0.73
BE:BELGIUM	3,720.82	3,782.06	200.00	209.47	0.36
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL -->	1,002,770.24	1,026,155.42	80,345.00	86,162.99	100

Cuadro N° 9

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2004

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	674,085.00	692,125.55	50,675.00	56,152.01	47.08
FR:FRANCE	266,889.10	274,922.07	28,250.00	30,182.08	18.70
CH:SWITZERLAND	200,050.00	216,222.84	16,000.00	16,836.00	14.70
NL:NETHERLANDS	137,013.95	140,057.50	12,700.00	13,224.75	9.52
DK:DENMARK	96,679.11	107,219.24	7,800.00	8,182.69	7.29
DE:GERMANY	31,220.69	32,214.44	3,800.00	3,972.99	2.19
BE:BELGIUM	5,334.87	5,423.81	275.00	294.05	0.36
AR:ARGENTINA	1,586.00	1,608.31	150.00	155.51	0.10
US:UNITED STATES	70.00	196.08	1.05	2.23	0.01
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL -->	1,412,928.72	1,469,989.84	119,651.05	129,002.31	100

Cuadro N° 10

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2005

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	867,469.99	881,237.22	70,000.01	77,253.01	67.27
CH:SWITZERLAND	212,223.00	266,523.06	21,600.00	22,740.01	20.34
FR:FRANCE	87,518.75	91,230.35	8,375.70	8,902.49	6.96
NL:NETHERLANDS	33,444.74	39,367.86	2,725.00	2,886.00	3.00
DE:GERMANY	12,440.00	13,204.95	2,010.00	2,111.20	1.00
DK:DENMARK	12,090.00	13,373.89	1,500.00	1,574.85	1.02
BE:BELGIUM	4,718.98	4,806.97	325.00	344.67	0.36
IN:INDIA	151.83	221.50	7.01	9.43	0.01
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL -->	1,230,057.29	1,309,965.80	106,542.72	115,821.66	100

Cuadro N° 11

Reporte de Importaciones por Subpartida Nacional/Pais Origen 2006

Subpartida Nacional : 1302.20.00.00 MATERIAS PECTICAS, PECTINATOS Y PECTATOS.

País de Origen	Valor FOB (Dólares)	Valor CIF (Dólares)	Peso Neto (Kilos)	Peso Bruto (Kilos)	Porcentaje CIF
MX:MEXICO	1,030,377.60	1,055,164.38	90,657.00	100,121.42	63.21
CH:SWI TZERLAND	278,075.53	361,610.24	31,975.70	33,697.04	21.66
FR:FRANCE	175,425.40	178,971.92	16,450.00	17,354.45	10.72
DK:DENMARK	50,366.17	58,520.87	4,850.00	5,091.93	3.50
BR:BRAZIL	12,583.68	12,760.20	1,500.00	1,566.00	0.76
US:UNITED STATES	1,563.06	1,662.56	200.00	215.30	0.09
BE:BELGIUM	379.26	387.26	25.00	26.76	0.02
LOS DEMAS	0.00	0.00	0.00	0.00	
TOTAL -->	1,548,770.70	1,669,077.43	145,657.70	158,072.90	100

ANEXOS DEL CAPITULO III.

Métodos Modernos para extracción de pectina

Existen numerosos procesos patentados para obtener las pectinas, y en cada uno de ellos se obtienen productos de diferente calidad por que ésta, así como sus posibles aplicaciones, dependen mucho del método de obtención. A continuación se da una breve descripción de algunos métodos de extracción.

1. Un proceso patentado (Glahn 2001) consiste en convertir la materia prima en una sal cálcica de la pectina en un medio líquido, para luego secarla, para así obtener un pectinato, que cuando se pone en agua la absorbe para formar partículas estables de un diámetro , medio equivalente mayor de 100 micrómetros.
2. En otro método se encontró que la pectina puede hidrolizarse y extraerse del tejido vegetal ,tal como la cáscara de naranja ,sin adicionar un ácido. Así se logra solubilizar pectinas con alto contenido de metoxilos y luego recuperarlas por concentración y secado (Ehrlich,1977)
3. Otro método sugiere la obtención de un producto enriquecido en pectina, en forma granular, para usarlo en alimentos y bebidas, poniendo la materia prima en contacto con una proteína comestible, soluble en agua para solubilizar la pectina y luego precipitarla con ayuda de un solvente .En este caso se puede mejorar el rendimiento agregando un ácido(cerda,1996),
4. Un proceso ambientalmente amigable por intercambio iónico(Graves 1994) consiste en hacer reaccionar una suspensión acuosa de una fibra comestible con una solución de un metal alcalino-terreo y luego separar la suspensión resultante en una fracción sólida rica en pectina y la fracción líquida con menor contenido de esta. El material obtenido se hace pasar por una columna de intercambio iónico para cambiar los iones H^+ por los iones metálicos agregados previamente, y proceder a recuperar la pectina.
5. Un proceso de índole biotecnológico para preparar la pectina (Sakai,1989) consiste en someter el tejido vegetal que contiene sustancias pécticas a la acción de microorganismos del genero Bacillus, cuya actividad permite la liberación y recuperación de las pectinas. Así se obtiene fácilmente una pectina de alto peso molecular con un buen rendimiento..

6. Existe el método de la extracción de la pectina de la cáscara de naranja en el cual la cáscara molida se trata con un ácido en caliente para extraer las sustancias pécticas y luego de separar por filtración el licor con la pectina se hace precipitar en forma de un gel, con alcohol etílico el cual da mejor resultado que hacerlo con cloruro de aluminio (Fe Cl_3). Este es el procedimiento que se ha elegido y el cual siguen con diversas variantes los más grandes fabricantes de pectina (Danisco, Hercules, Braspectina).

Los resultados de pruebas de laboratorio muestran que la extracción con ácido es más eficiente para la extracción de la pectina a partir de cáscaras de cítricos en este caso la naranja del tipo valencia. En diversos ensayos se logró hasta un rendimiento del 10,5 % en base seca, mientras que en base húmeda llegan a un rango de 4 - 4,5%. La pectina obtenida se caracteriza por su alto índice de metoxilo, lo cual es influido por el método de obtención.

Cuadro N° 12
 ACIDEZ (pH)
 EMPLEANDO ACIDO CLORHIDRICO

pH	RENDIMIENTO DE PECTINA	VISCOCIDAD DE JALEA
1,4	15,90	89
1,5	17,10	93
1,6	16,40	98
1,7	17,00	1'01
1,8	16,20	103
1,9	15,40	109
2,0	13,52	115
2,1	14,60	111
2,2	12,00	106
2,3	11,20	104
2,4	8,40	102
2,5	7,20	95
3,0	3,30	82
3,5	2,50	74

Cuadro N° 13
TEMPERATURA DE EXTRACCION CON
ACIDO CLORHIDRICO

Temperatura (°C)	Rendimiento de Pectina (%)	Viscosidad de Jalea
40	7,20	85
50	8,12	105
60	13,52	115
70	13,90	111
80	15,10	113
90	19,42	106

Cuadro N° 14
TIEMPO DE EXTRACCION CON
ACIDO CLORHIDRICO

Tiempo (min)	Rendimiento de Pectina(%)	Viscosidad de Jalea
40	10,22	93
50	11,14	101
60	13,52	115
70	14,20	116
80	14,90	120
90	15,20	103

Cuadro N° 15
CONCENTRACION DE ALCOHOL EN LA PRECIPITACION
CON ACIDO CLORHIDRICO

Cuadro N° 16

Alcohol(% V)	Rendimiento de Pectina (%)	Viscocidad de Jalea
50	10,22	93
60	11,14	101
70	13,52	115
80	14,20	116

RESUMEN DE PARÁMETROS ÓPTIMOS DE
PRECIPITACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO

PARAMETROS	ACIDO CLORHIDRICO COMO AGENTE HIDROLIZANTE
Relacion Materia Prima /Agua	1 a 16
Acidez (pH)	2,0
Temperatura	60
Tiempo (min)	70
Alcohol (%)	60
Rendimiento en Pectina	14,9
Viscocidad de la Jalea	120

Cuadro N° 17

CARACTERIZACION DE LA PECTINA A NIVEL DE
LABORATORIO

COMPOSICION %	AGENTE HIDROLIZANTE ACIDO CLOHIDRICO
HUMEDAD	10,00
CENIZAS TOTALES	2,00
CONTENIDO DE ACETIL	0,17
METOXILO	7,76
ACIDO .GALACTURONICO	75,23
GRADO DE ESTERIFICACION	58,56
HIERRO	0,17
CALCIO	0,45
MAGNESIO	0,13
COBRE	0,00
PLOMO	0,00
CINC	0,00
MAGNESIO	0,00

Cuadro N° 18
ESPECIFICACIONES OFICIALES DE PUREZA
PARA LAS PECTINAS COMERCIALES

REFERENCIA	FAO	FCC	EEC
Perdida por desecación	Max 12%	Max 12%	Max 12%
Cenizas de acido insolube	Max 1%	Max 1%	Max 1%
Ceniza total		Max 1%	
Dioxido de Azufre	Max 50 mg/kg		Max 50 mg/kg
Sulfato de sodio metilo		Max 0.1%	
Metanol, Etanol, Isopropanol	Max 1%		Max 1%
Contenido de Nitrogeno Pectina Amidada	Max 2.5%		Max 2.5%
Acido Galacturónico	Min 65%		Min 65%
Anhidrogalacturonidos totales en pectina		Min 70%	
Grado de amidacion, pectina amidada	Max 25%	Max 40%	Max 25%
Grado de esterificación en pectina de alto grado de Esterificación		Min 50%	
Arsenico, ppm	Max 3	Max 3	Max 3
Plomo, ppm	Max 10	Max 10	Max 10
Cobre, ppm	Max 50		
Zinc	Max 25		Max 25
Cobre mas Zinc, ppm			Max 50
Metales pesados con Cd, ppm		Max 40%	

Anexos del Capítulo V.

CALCULOS DE LOS COSTOS POR EQUIPOS

1. MOLINO DE MARTILLO

Utilizando la grafica proporcionada por Ulrich (46) se puede obtener el costo del equipo incluida la instalación, así como la energía requerida para su funcionamiento.

$$m' = \text{capacidad de molienda en kg/s} = 3110/3600 = 0,86 \text{ kg/s}$$

La lectura del referido grafico nos da un costo de compra de US\$ 80000 lo cual Incluye la instalación.

2. REACTORES DE HIDROLIS

Se requerirá como mínimo 2 reactores (60580 L) que puedan operar cada uno 26435 L de la mezcla a procesar diariamente.

A continuación se da una tabla de tamaños y precios:

Cuadro N° 19.

Tamaños y precios en 1996 representativos de Reactores Pfaudler por lotes

VOLUMEN GALONES	PRECIO US\$	VOLUMEN GALONES	PRECIO US\$
5	27600	10000	80000
50	35000	4000	143000
500	67000	8000	253000

Datos tomados de Fogler (13)

Puesto que se requieren 2 reactores para procesar la carga de 52870 L, cuyo costo unitario es de US\$ 253000, el costo total para los dos reactores será de US\$ 506000.

Todos los reactores están recubiertos de vidrio y los precios incluyen una camisa de calentamiento enfriamiento, motor, mezclador y baffles. La temperatura de operación de estos reactores puede variar entre -7°C y 232°C , mientras que la presión puede alcanzar hasta 100 psi (6,8 atm).

3. FILTRO PRENSA

De acuerdo a las necesidades de la planta, la capacidad de operación del los filtro prensa deben mantener una carga de suspensión de 40 L, con lo cual el filtro prensa debe poseer una área superficial de filtración de 69,6 m² con lo cual permitirá estimar el costo del equipo tomando como base la grafica proporcionado por Ulrichs (49) para determinar el costo del filtro prensa.

Utilizando la gráfica costo versus área de filtración se obtiene el costo para un filtro prensa de US\$ 30000x2, 8, es decir US\$84000.

Costo de 1 filtro prensa de marcos = US\$ 84000

4. REACTORES TANQUE DE GELIFICACION

Los tanques a utilizar son tanques de acero inoxidable Tipo 304, con agitador, con una capacidad de 18000 galones (68130 L) Ref Vatavuk(48). Según esta fuente cada tanque costara US\$ 59000, y puesto que serán necesario dos tanques el precio total será US\$ 119 200

5. TANQUES DE LAVADO CON ALCOHOL

Puesto que el tiempo de residencia y el de descarga es de media hora respectivamente. Se necesitaran para el manejo de los 1225 L un tanque de mezclado de 1892,5 L el cual funcionara en una corrida de una hora cada una. El precio para un tanque de estas dimensiones es, de US\$ 38800

El segundo lavado se realizara en un tanque con las mismas dimensiones por lo tanto este costara también US\$ 38800

5. SECADOR SPRY-DRY

En la práctica se acostumbra que el ingeniero determine el tamaño del equipo, principalmente de acuerdo a los términos de la carga a evaporar. Sin embargo otros parámetros también se deben tomar en cuenta, como es el caso de las temperaturas de entrada y salida, el tiempo de residencia los cuales afectarán el dimensionamiento y el costo. El precio de venta en el primer trimestre del 2007 para un amplio rango de secadores son representados ($r=0,988$) (Ulrich 46)

$$Precio = 9780E^{0,435}$$

donde E es la carga a evaporar en libras por hora ($400 \leq E \leq 85500$).

La carga a evaporar aproximada corresponde a 1125 L de gel la cual posee una densidad aproximada de 0,8Kg/L, es decir se tendrá una masa de:

Masa de gel a secar: $1125 \times 0.8 \text{ Kg./L} = 900 \text{ kg}$

Masa de gel a secar en libras = $900 \times 2.2 = 1980 \text{ lb}$

Masa de pectina en polvo = $0,1377 \times 1980 = 272 \text{ lb} = 123 \text{ kg}$

Para un flujo de gel a secar 1980 lb por hora se tendrá un costo de:

Precio de Spray-Dry = $9780(1980)^{0,435} = \text{US\$ } 275725$

6. MOLINO DE RODILLOS

Tomando como referencia a Ulrich(46) , un molino de rodillos apropiado para cumplir las características granulométricas de la pectina en polvo antes mencionadas, tendrá él mismo, las siguientes características:

Capacidad de molienda en kg/s = $810\text{kg}/3600\text{s} = 0.225 \text{ kg/s}$

Con este valor, se obtiene en el grafico de la mencionada referencia un precio de:

Precio de Molino de Rodillos US\$ 40000

7. EQUIPO DE DESTILACION

Los precios para un intercambiador de este tipo se pueden calcular por la correlación dada por Vatauvuk(52)

Precio = $231 A^{0,639}$

Estando el valor de A en pies cuadrados, el área será

$A = (139)(3,28)^2 = 1495 \text{ ft}^2$

Finalmente el precio será:

Precio = $231(1495)^{0,639}$

Precio para el evaporador = US\$ 24632

Utilizando la grafica de Peters masa versus costo se tiene para una torre de aproximadamente 3940 lb y aplicando la actualización con el Cost Index .para el año 2006.

Costo de Torre = $0,5 \text{ US\$/lb} \times 3940 \text{ lb} = \text{US\$ } 1970 \times 478,6/113,7 =$
 $\text{US\$ } 8292 (67)$

Costo de Platos = $\text{US\$ } 220/ \text{ plato} \times 9 \text{ platos}$

$$= \text{US\$ } 1980 \times 78,7/109,9 = \text{US\$}8624.$$

Costo Total de Torre = 8292 + 8624 = US\$16916

Determinación del costo total de Equipo de Destilación

Precalentador de Entrada: US\$ 24632

Condensador: US\$ 16400

Hervidor: US\$ 49164

Torre de destilación incluida bandejas: US\$16916

Costo Total: US\$ 107112

8. TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE ALCOHOL

Consultando las graficas de Ulrich (50) se obtiene el precio para un tanque de estas dimensiones:

Precio de tanque de almacenamiento= US\$ 7500

Este tanque tiene un techo en forma de cono

9. COSTOS DEL SISTEMA DE BOMBAS

Bomba de Alimentación al Filtro Prensa

Con este flujo se puede obtener en la grafica Costo versus Flujo de Peters (40) aplicado a bombas centrifugas con densidades para líquidos que van desde 0,8 hasta 1,0 g/mL.

El costo que corresponde a:

Precio de la bomba= \$1900 lo cual corresponde al año 1967

Actualizando con el Cost Index según datos de Vatavuk (54), se tiene

Precio de Bomba = $1900 \times (468,2/107,7) = \text{US\$ } 8256$

Bomba de Alimentación al Tanque de Gelificación

Puesto que las condiciones de alimentación son similares a las del agua acidulada de entrada al filtro prensa entonces se tendrá un flujo de 49,76 TN. Esto lleva a un requerimiento de una bomba centrifuga con las mismas características de a bomba anterior y por lo tanto con el mismo costo de:

Costo de Bomba= US\$ 8256

Bomba de alimentación al Tanque de Lavado

El volumen del gel obtenido es de aproximadamente 490 L, lo cual

implicaría el uso de una pequeña bomba con capacidad de flujo de 20 gal/min, y cuyo costo sería de

Costo de Bomba = \$550 según Peters (40)

Actualizando con el Cost Index de Vatavuk (54)

Costo de Bomba = $550 \left(\frac{468,2}{107,7} \right) = \text{US\$ } 2390$

Bomba de Alimentación al Secador Spray Dry

Puesto que las condiciones de alimentación son similares a las del paso anterior entonces se requerirá otra bomba con las mismas características de la anterior bomba y obviamente con el mismo costo

Costo de Bomba = US\$ 2390

Bomba de Extracción del Tanque de Almacenamiento de Alcohol

La alimentación de alcohol al tanque de gelificación es de 74835 L de alcohol con una densidad aproximada de 0,8 g/mL

Este volumen equivale a 19771 gal los cuales son cargados en un tiempo de 30 minutos lo cual llevaría a un flujo de:

Flujo Volumétrico = $19771 / 30 = 659 \text{ Gal/min}$

De acuerdo a la grafica de Meter(40) para este flujo el precio de la bomba será

Precio de la Bomba = US\$ 2100

Actualizando con el Cost Index de Vatavuk (54)

Costo de Bomba = $2100 \left(\frac{468,2}{107,7} \right) = \text{US\$ } 9129$

Bomba de Alimentación a la Torre de Destilación

Puesto que una gran cantidad de alcohol se tiene que recuperar, la mezcla alcohol con agua acidificada se bombea a una torre de destilación para recuperar el alcohol, siendo el volumen de la alimentación 124725 L de los cuales, 74835 L, son de alcohol.

El flujo para un tiempo de operación de 4 horas será de:

Flujo volumétrico = $124725 \text{ L} / (4 \times 60) = 520 \text{ L / min} = 137 \text{ Gal / min}$

Para este flujo el costo de la bomba será:

Costo de la Bomba = US\$ 900

Actualizando con el Cost Index de Vatavuk (54)

Costo de Bomba = $900 (468,2 / 107,7) = \text{US\$ } 3912$

Bomba para Reciclar el Alcohol

Se estima una recuperación de alcohol al 95 % de $D = 61495 \text{ kg}$

Masa de alcohol = $0,95 \times 61494 = 58419 \text{ kg}$

Masa de agua = 3076 kg

Volumen de alcohol = $58419 / 0,8 = 73023 \text{ L}$

Volumen de Agua = 3076 L

Volumen de Mezcla = $73023 + 3076 = 76099 \text{ L}$

Flujo de Mezcla = $76099 \text{ L} / (4 \times 60) = 318 \text{ L/min} = 84 \text{ Gal /min}$

Para este flujo el costo de la bomba será:

Costo de Bomba = $\text{US\$ } 800$

Actualizando con el Cost Index de Vatavuk (54)

Costo de Bomba = $800 (468,2 / 107,7) = \text{US\$ } 3478$

Los resultados obtenidos se resumen en el cuadro N° 20

Cuadro N° 20

Costos de Sistema de Bombas

BOMBAS	PRECIO US\$
1	8256
2	8256
3	2390
4	2390
5	9129
6	3912
7	3478
TOTAL	37811

CUADRO N° 21

Características Físico Químicas:

Grado alcohólico a 20°C	96.° G.L.
Gravedad específica a 20/20°C	0.8089
Acidos total, como ácido acético en mgr/100 mls.	1.8
Aldehídos, como acetaldehídos, en mgr/100 mls.	1.0
Esteres, como acetato de etilo, en mgr/100 mls.	6.5
Residuo no volátil, en mgr.	0.1
Peso molecular	46.0
Punto de ebullición	78.32°C
Punto de inflamación	12.00°C
Punto de congelación	- 130.0°C
Tensión de vapor a 20°C	44.0mmHg
Calor específico a 20°C	0.615 Kg-cal.
Calor latente	209.0 Kg-cal.

ALCOHOL ETILICO

CUADRO N° 22

Fichas Internacionales de Seguridad Química

ETANOL (anhidro)

ICSC:
0044



ETANOL (anhidro)
Alcohol etílico
 $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}/\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
Masa molecular: 46.1

N°	CAS	64-17-5
N°	RTECS	KQ6300000
N°	ICSC	0044
N°	NU	1170
N° CE 603-002-00-5		

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar. NO poner en contacto con oxidantes fuertes.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono.
EXPLOSION	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás

		eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular.	instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
• INHALACION	Tos, somnolencia, dolor de cabeza, fatiga.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo.
• PIEL	Piel seca.	Guantes protectores.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar y lavar la piel con agua y jabón.
• OJOS	Enrojecimiento, dolor, sensación de quemazón.	Gafas ajustadas de seguridad.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	Sensación de quemazón, confusión, vértigo, dolor de cabeza, pérdida del conocimiento.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca y proporcionar asistencia médica.
DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO	
Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes precintables, eliminar el residuo con agua abundante.	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.	 símbolo F R: 11 S: (2-)7-16 Clasificación de Peligros NU: 3 CE:	