

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**DISEÑO DEL PROCESO PRODUCTIVO PARA LA OBTENCIÓN DE VINAGRE
DE PIÑA CAYENA LISA - ANANAS COMOSUS- A NIVEL DE PLANTA
INDUSTRIAL EN EL MUNICIPIO DE TICUANTEPE.**

TRABAJO DE DIPLOMA PRESENTADO POR:

**Leda Eugenia Hernández Ordoñez.
Crista María Cruz.**

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO QUÍMICO

TUTOR:

MGPD Ing. Silvano Cruz Sánchez

Managua, agosto 2020

DEDICATORIA

A nuestros padres,

Por brindarnos su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera e instarnos siempre a luchar por el logro de nuestras metas, no permitiendo nos desenfocáramos del objetivo principal, ser excelentes profesionales.

A ti lector,

Por el interés demostrado al leer el resultado de mucho esfuerzo y dedicación, esperando te sea de mucha utilidad.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

Agradecemos a Dios por permitirnos llegar tan lejos, por iluminarnos y llenarnos infinitamente de fe y de sabiduría en los años de carrera, por darnos las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A nuestros padres,

Por ser excelentes guías, por brindarnos la oportunidad de realizar estos estudios superiores, por nunca dejarnos desfallecer ante las adversidades y motivarnos a ser y soñar en grande sin olvidar el amor y la humildad del hogar.

Familiares y amigos,

Por darnos fuerzas para continuar en el camino, además de tener fe que podríamos superar cualquier obstáculo, hoy celebramos con ustedes este hermoso logro, Dios sabio en sus palabras “El que encuentra un amigo, ha encontrado un tesoro”, amigos nuestros gracias por estar cerca, y finalmente agradecer a todas aquellas personas que hicieron parte de nuestra vida universitaria.

RESUMEN

Nicaragua cuenta con una gran variedad de frutas que se venden sin ningún valor agregado, lo que da lugar a desarrollar nuevos productos a partir de estas materias primas. La piña cayena lisa producida en el municipio de Ticuantepe es comercializada como fruta fresca sin ningún valor agregado, de la cual se tiene abundante cosecha y no se aprovecha para desarrollar nuevas tecnologías que permitan diversificar la producción manufacturera, por tal razón el presente tema monográfico pretende mejorar la cadena productiva de la piña.

En el presente estudio, se diseñó el proceso productivo de vinagre, a partir de piña cayena lisa (*Ananas Comosus*). Con la realización del mismo, se determinó que la duración promedio del proceso es de 20 días y que las variables que influyen en el proceso son temperatura (25-34 °C) y pH (4.3 – 3.3).

Se planteó el escalamiento del proceso productivo a nivel industrial, considerando el 5% de la producción nacional de piña como capacidad de la planta, queda una capacidad de 535,500 l/año. El proceso consta de diez etapas, iniciando con recepción y selección de la materia prima, lavado, pelado y corte, licuado, filtración, fermentación alcohólica, filtración, fermentación acética, clarificación y envasado.

Finalmente se realizó la estimación de los costos de producción, considerando todos los costos directos e indirectos en los que incurre el proceso productivo de elaboración de vinagre de piña durante un año de operaciones, dando como resultado U\$ 2, 161,878.27.

ÍNDICE

Contenido	Página
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	i
RESUMEN.....	ii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	2
III. MARCO TEÓRICO	3
3.1 La Piña	3
3.2 Vinagre.....	5
3.3 Criterios de Control de Calidad.....	10
3.4 Escalamiento.....	11
3.5 Diseño del Proceso Productivo.....	12
3.6 Diseño de un Proceso de Flujo	13
3.7 Selección y Dimensionamiento de Equipos	13
3.8 Estimación de Costos de Producción.....	14
IV. METODOLOGÍA	15
4.1 Determinación de las etapas del proceso productivo	15
4.2 Escalamiento del Proceso de Elaboración de Vinagre.....	19
4.3 Volumen de Producción.....	22
4.4 Cálculo de Balance de Materia y Energía.....	22
4.5 Dimensionamiento de Equipos.....	25
4.6 Estimación de Costos de Producción.....	40
V. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	45
5.1 Variables del proceso de elaboración del vinagre de piña.....	45
5.2 Resultados del balance de materia y energía.....	47
5.3 Selección de equipos.....	48
5.4 Diagrama Tecnológico.....	52
5.5 Estimación de Costos de Producción.....	53
VI. CONCLUSIÓN.....	54
VII. RECOMENDACIONES	55
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	56
IX. ANEXO	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variedades de Piña	3
Tabla 2. Composición Nutritiva de 100g de Pulpa de Piña.....	4
Tabla 3. Tipos de Vinagre de Acuerdo a su Origen.....	6
Tabla 4. Microorganismos Usados en la Producción de Diferentes Tipos de Vinagre	8
Tabla 5. Principales Características Físico Químicas de Piña de Acuerdo a Normativa CODEX STAN.....	10
Tabla 6. Principales Características Físico Químicas de Vinagre de Acuerdo a Normativa CODEX STAN.....	11
Tabla 7. Medición de Temperatura y pH	17
Tabla 8. Medición de Temperatura y pH	18
Tabla 9. Principales Características para la Selección de Equipos	26
Tabla 10. Distancia de Separación entre Estaciones de Rodillos	26
Tabla 11. Factor de Ancho de la Banda	29
Tabla 12. Factor de Longitud de la Banda.....	29
Tabla 13. Factor de Servicio.....	29
Tabla 14. Potencias Adicionales de Equipos Auxiliares	30
Tabla 15. Parámetros de Diseño del Tanque	33
Tabla 16. Inspección de la Piña.....	45
Tabla 17. Inspección de la Levadura.....	45
Tabla 18. Especificaciones Técnicas de la Transportadora	48
Tabla 19. Especificaciones Técnicas del Tanque de Pre-lavado.....	48
Tabla 20. Especificaciones Técnicas de la Peladora.....	49
Tabla 21. Especificaciones Técnicas de la Cortadora	49
Tabla 22. Especificaciones Técnicas del Triturador y Filtrador.....	49
Tabla 23. Especificaciones Técnicas del Tanque de Fermentación Alcohólica..	50
Tabla 24. Especificaciones Técnicas de la Filtradora.....	50
Tabla 25. Especificaciones Técnicas del Tanque de Fermentación Acética	50

Tabla 26. Especificaciones Técnicas del Clarificador	51
Tabla 27. Especificaciones Técnicas de la Envasadora	51
Tabla 28. Estimación de Costos de Producción	53

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Piña Cayena Lisa	3
Figura 2. Etapas de Maduración de la Piña.....	5
Figura 3. Oxidación de Etanol a Ácido Acético por Bacterias.....	7
Figura 4. Piña Desinfectada	15
Figura 5. Pesado	15
Figura 6. Pelado	16
Figura 7. Cortado y Licuado	16
Figura 8. Medición de °Brix.....	16
Figura 9. Residuos del Filtrado.....	17
Figura 10. Fermentación Alcohólica	17
Figura 11. Filtración del Vinagre.....	18
Figura 12. Diagrama del Proceso de Elaboración de Vinagre	21
Figura 13. Área de la Sección Transversal.....	27
Figura 14. Selección del Diámetro del Recipiente	34
Figura 15. Balance de Masa del Proceso.....	47
Figura 16. Diagrama Tecnológico.....	52

I. INTRODUCCIÓN

En Nicaragua encontramos una gran variedad de frutas que se venden sin ningún valor agregado, lo que da lugar a desarrollar nuevos productos a partir de estas materias primas. La creación de estos productos representa a su vez una entrada a nuevos mercados. Por tal razón estudiar los procesos de transformación, sean químicos o bioquímicos, para la obtención de nuevos productos se vuelve importante.

Este tipo de procesos no solo aumentan la vida útil de los alimentos, sino que permiten obtener nuevos productos a partir de materias primas ya sean vegetales o animales. Dentro de estos procesos uno muy conocido es la fermentación, la cual se aplica en la producción de bebidas alcohólicas, vinagres, yogures, entre otros.

En el caso de la piña Cayena Lisa (*Ananas Comosus*), una fruta principalmente producida en el municipio de Ticuantepe, en temporada de verano, es una fruta dulce con presencia en todos los mercados. Es comercializada como fruta fresca de buena calidad, aunque con muchas debilidades en su estructura comercial (Ayala & Hurtado, 2015),

La piña presenta características ideales para la obtención de otros productos, resaltando su contenido de sólidos disueltos, entre 15 y 20 grados Brix, según su estado de maduración, los cuales dan un valor de referencia frente a los azúcares que puede contener, para ser aprovechado en la producción de vinagre (Jiménez, 2014).

En la presente investigación se sientan las bases para el diseño de un proceso productivo para la obtención de vinagre de piña Cayena Lisa a nivel industrial a partir de la fermentación alcohólica y acética, tomando en cuenta los parámetros de calidad del proceso tales como temperatura, grado de madurez del fruto, grado de acidez del producto terminado, tiempo de fermentación, para así obtener un producto final óptimo y generando así una oportunidad de dar valor agregado a este fruto.

El municipio de Ticuantepe se considera el mayor productor de piña a nivel nacional, dado que cuenta con la mayor producción y organización de cooperativas, empresas exportadoras y productores independientes; es por ello que se ha tomado en cuenta dicho municipio como macro localización lo que podría permitir que este documento sirva de guía para el procesamiento del excedente de la cosecha.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General.

Proponer el diseño del proceso productivo para la obtención de vinagre de piña cayena lisa *Ananas comosus* a nivel de planta industrial en el municipio de Ticuantepe.

2.2 Objetivos Específicos.

Determinar las variables que influyen en el proceso productivo por medio de pruebas de laboratorio.

Realizar el escalamiento de una planta industrial de la elaboración de vinagre de piña, de acuerdo a un volumen de producción predeterminado.

Estimar los costos de producción de la planta industrial, de acuerdo a un volumen de producción predeterminado.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 La Piña

La piña pertenece a la familia de las Bromeliáceas y al género y especie *Ananas comosus* (figura 1). A esta misma familia pertenecen una serie de plantas epifitas (que se desarrollan sobre otras plantas sin afectarlas) usadas a menudo como ornamentales por la belleza de sus inflorescencias.



Figura 1. Piña Cayena Lisa. Fuente: (Haro García, s.f.)

Los frutos de piña suelen ser voluminosos, jugosos, de forma abarrilada o cilíndrica, de sabor agri dulce y aromáticos, con pesos que fluctúan entre 0.5 kg y 4 kg. (Baraona, 1991)

La piña presenta características botánicas de adaptabilidad a condiciones áridas y marginales. Es altamente eficiente en absorber agua y sustancias minerales. Es altamente eficiente en absorber agua y el polvo que cae sobre la planta. (Baraona, 1991)

3.1.1 Variedades de la piña

La variedad más cultivada en Nicaragua es Monte Lirio, muy aceptada en el mercado interno, pero de menor aceptación en el mercado internacional. En los últimos años se ha incrementado la siembra comercial de la variedad Cayena Lisa. (Díaz, 2001)

Tabla 1. Variedades de Piña. Fuente: (INATEC, 2018)

Características	Variedad	
	Monte Lirio	Cayena Lisa
Hojas	Largas y anchas, verde rojizo, sin espinas en los bordes, con una espina en la parte terminal.	De color verde oscuro con manchas verde rojizas y espinas en sus extremidades.

Forma del fruto	Cilíndrico, con ojos planos, anchos y profundos.	Cilíndrico, con ojos planos, anchos y poco profundos.
Peso del fruto (lb)	3 – 8	3 – 8
Pulpa	De color blanco amarillento y sabor agridulce.	De color amarillo dorado y sabor dulce.
Observaciones	Es la variedad más cultivada en Nicaragua.	Se destina principalmente para consumo fresco e industria.

3.1.2 Composición Nutricional

La piña es muy rica en carbohidratos y vitaminas A, B y C; aporta también fibra a la dieta humana. Su valor energético es de 48 Kcal por cada 100g de pulpa y su composición nutritiva es descrita en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición Nutritiva de 100g de Pulpa de Piña. Fuente: (Menchú & Méndez, 2012)

Componente	Cantidad
Agua	86.46 %
Energía	48 kcal
Proteína	0.54 g
Grasa Total	0.12 g
Carbohidratos	12.63 g
Fibra Diet. total	1.40 g
Ceniza	0.24 g
Calcio	13 mg
Fosforo	8 mg
Hierro	0.28 mg
Tiamina	0.08 mg
Vitamina C	36 mg
Fracción Comestible	0.52

3.1.3 Grado de Maduración

El cambio en la maduración de la piña se expresa cuando el color de la cascara cambia de verde al amarillo en la base de la fruta como se muestra en la siguiente descripción gráfica.

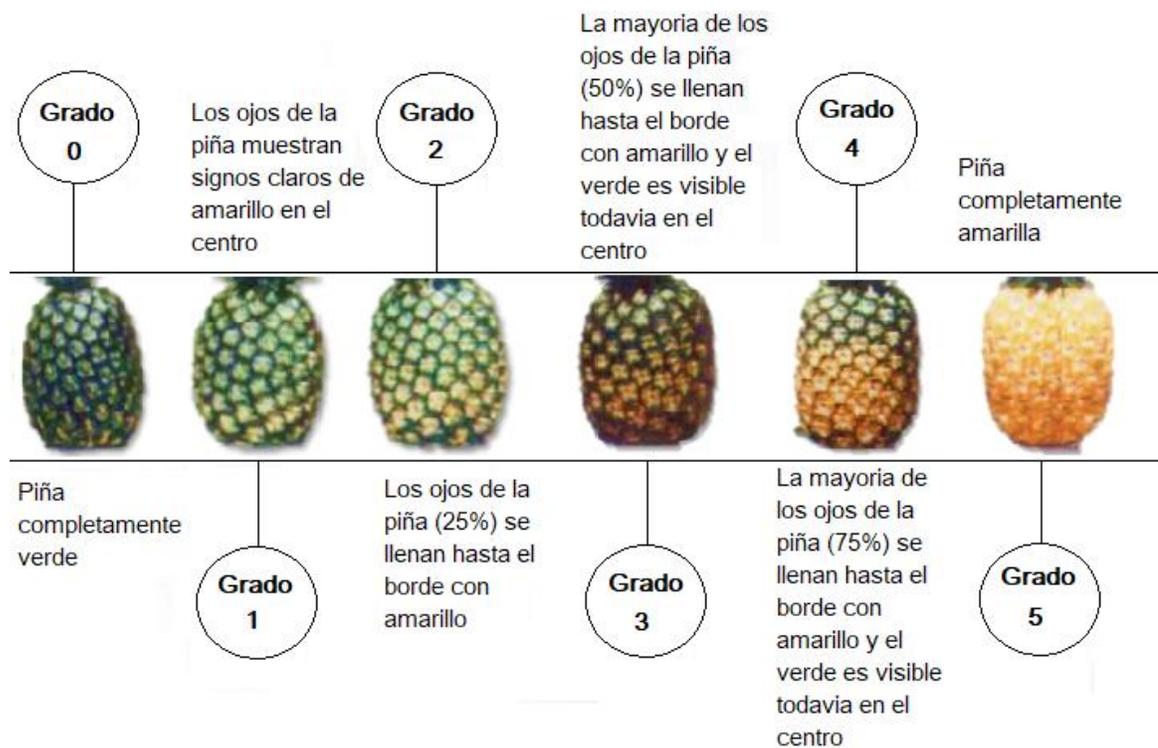


Figura 2. Etapa de Maduración de la Piña.

Fuente: (Elvira, 2016)

En este diseño del proceso productivo de vinagre de piña se utilizará el grado de maduración número 5 ya que en este punto la piña tiene un alto contenido de azúcares y acidez, lo que da un buen sabor y facilita el proceso de obtención del vinagre por los azúcares propios de la piña

3.2 Vinagre

El vinagre es un líquido miscible, con sabor agrio, proveniente de la fermentación acética del vino (mediante las bacterias *Mycoderma aceti*). Aunque la mayor parte de las bebidas alcohólicas son susceptibles de servir de base para la obtención del vinagre, las más utilizadas son el vino, la sidra, la cerveza y el alcohol. Sin embargo, en su función como conservante, el vinagre debe ser de buena calidad y provenir del vino blanco o del tinto. (Sumilleres, 2014)

3.2.1 Tipos y métodos de obtención de Vinagre

El vinagre se puede obtener a partir de una gran cantidad de sustratos. Así mismo tiene una gran cantidad de usos, razón por la cual se puede clasificar de acuerdo a su origen y en función al uso o destino del producto. En la Tabla 3 se presenta la clasificación de acuerdo al origen (Prada, 2015).

Tabla 3. Tipos de Vinagre de Acuerdo a su Origen. Fuente: (Prada, 2015)

Tipos de Vinagre	Origen	Método de Obtención
Vinagre de vino	Vino	Fermentación acética del vino.
Vinagre de alcohol	Soluciones de alcohol etílico	Fermentación acética de alcohol destilado de origen agrícola.
Vinagre de sidra	Sidra, Manzanas	Fermentación acética de la sidra o sus piquetas.
Vinagre de cereales	Cereal en grano	Fermentación alcohólica y acética de cualquier cereal en grano con almidón desdoblado.
Vinagre de cerveza, malta o cereales	Cerveza o malta de cereales	Fermentación alcohólica y la fermentación acética de una digestión de malta, de cebada o de cereales cuyo almidón haya sido sacarificado.
Vinagre de frutas	Frutas frescas; Vinos de frutas	Fermentación alcohólica y fermentación acética de infusiones, maceraciones o cocimiento de frutas azucaradas.
Vinagre de miel	Miel	Fermentación alcohólica y acética a partir de miel de abejas.
Vinagre de suero de leche	Suero de leche	Fermentación alcohólica y acética de suero de leche.

3.2.2 Aplicaciones y Usos

Es utilizado como un conservante previniendo el crecimiento de las bacterias y los hongos. Así mismo, es agregado en la mayonesa para incrementar el efecto de inactivación contra la salmonella. Muestra su mayor actividad a niveles bajos de pH. Adicionalmente, puede ser utilizado como sustancia amortiguadora o buffer en los alimentos ácidos, o como un componente aromático en algunos productos

En apicultura es utilizado para el control de las larvas y huevos de las polillas de la cera, enfermedad denominada Galleriosis, que destruyen los panales de cera

que las abejas melíferas obran para criar o acumular la miel. Sus aplicaciones en la industria química van muy ligadas a sus sales aniónicas, como son el acetato de vinilo o el acetato de celulosa (base para la fabricación de rayón, celofán). Resultado de la oxidación del alcohol etílico a ácido o fermentación acética. Su fórmula es: $\text{CH}_3\text{CO}_2\text{H}$. Junto con los ácidos propiónico, butírico y sulfúrico compone la acidez volátil del vino. (Torres, 2007)

3.2.3 Métodos de Elaboración

El vinagre requiere una fermentación en dos pasos, en el primero se convierten azúcares anaeróbicamente en etanol mientras que, en el segundo, el etanol se oxida en ácido acético aeróbicamente por *Acetobacter* y *Gluconobacter*. La segunda etapa es un mecanismo común de deterioro de las bebidas alcohólicas (Adams & Moss, 2000).

La oxidación del etanol a ácido acético sigue un camino relativamente simple por el que las bacterias obtienen su energía (figura 3). Ocurre en dos pasos mediados por el alcohol-deshidrogenasa y el aldehído-deshidrogenasa. (Prada, 2015)

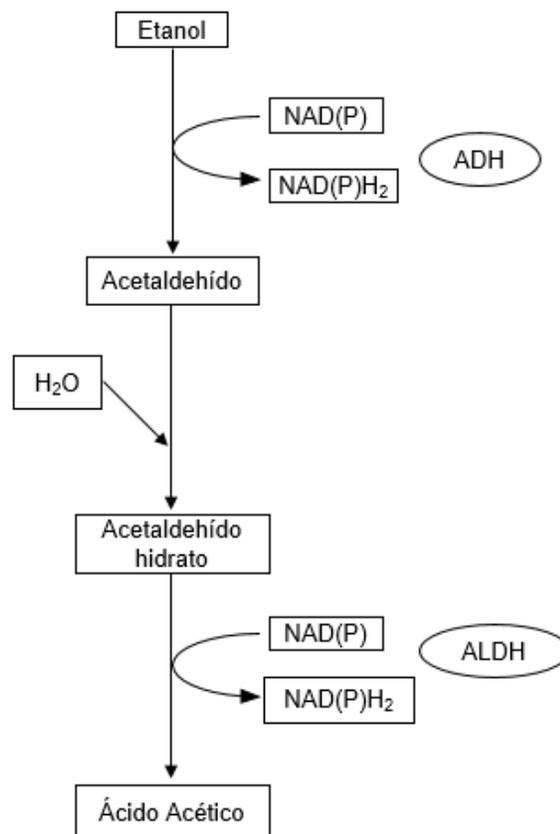


Figura 3. Oxidación de Etanol a Ácido Acético por Bacterias.

Fuente: (Prada, 2015)

Existen muchas técnicas de acetificación que se diferencian entre sí por la forma en la que interactúan el etanol, las bacterias y el oxígeno (Adams & Moss, 2000).

Con el fin de obtener un producto final satisfactorio se debe garantizar que los microorganismos a usar realicen una oxidación eficiente de etanol, tengan una producción eficiente de ácido acético y una buena tolerancia con el mismo, resistencia a pHs bajos y a agentes bacteriófagos. Adicionalmente estos microorganismos no deben ser productores de celulosa ni de aromas indeseados. (Prada, 2015)

La Tabla 4 presenta los microorganismos involucrados en la producción de los tipos más comunes de vinagre.

Tabla 4. Microorganismos Usados en la Producción de Diferentes Tipos de Vinagres. Fuente: (Solieri & Giudici, 2009)

Tipos de Vinagre	Levadura	Acetobacteria
Vinagre de Cerveza	Saccharomyces sensu stricto	Acetobacter cerevisiae Gluconacetobacter sacchari
Vinagres de Frutas	Saccharomyces cerevisiae	Acetobacter aceti Acetobacter pasteurianus
Vinagre Balsámico Tradicional	Zygosaccharomyces bailii Saccharomyces cerevisiae Zygosaccharomyces pseudorouxii Candidastellata Zygosaccharomyces mellis Zygosaccharomyces bispous Zygosaccharomyces rouxii	Gluconacetobacter xylinus Acetobacter aceti Acetobacter pasteurianus Gluconacetobacter europaeus Gluconacetobacter hansenii Acetobacter malorum
Vinagre de Vino	Saccharomyces cerevisiae	Gluconacetobacter europaeus Gluconacetobacter oboediens Acetobacter pomorum Gluconacetobacter intermedius Gluconacetobacter entanii

La elaboración de vinagre se remonta a tiempos ancestrales, por lo cual existen varios métodos de producción del mismo. Estos métodos se pueden dividir en métodos de acetificación con cultivo superficial y métodos de acetificación con cultivo sumergido (Prada, 2015).

- Acetificación Cultivo Superficial.

En los métodos de acetificación por cultivo superficial, las bacterias acéticas se encuentran en contacto directo con oxígeno gaseoso, situadas ya sea en la interface líquido/gas o adheridas a diferentes materiales que actúan como soportes. La mayoría de los vinagres tradicionales son elaborados de esta forma, mientras que industrialmente se utilizan nuevos procesos (Adams & Moss, 2000). Entre estos métodos se encuentran los siguientes:

Método Orleans o método Pasteur: es un procedimiento estático que consiste en una serie de recipientes superpuestos y en filas horizontales, con agujeros en cada extremo de los fondos, los cuales se rellenan con estopa para evitar la entrada de contaminantes y permitir, al mismo tiempo, la entrada de aire. El sustrato utilizado es una mezcla en igual proporción de vino y vinagre turbio. Es un proceso lento (8 a 10 días), con el cual se obtiene un bajo rendimiento en la obtención de ácido (Adams & Moss, 2000).

Método Schuetzanbach o método Luxemburgués: emplea virutas de madera sumergidas en el líquido, lo cual aumenta la superficie de acetificación y mejora la transferencia de oxígeno. En este proceso se emplean recipientes verticales de doble fondo, el primer fondo agujereado, donde se coloca una capa de virutas de madera impregnadas de vinagre. Este método presenta mejores rendimientos que el método Orleans pero puede presentar algunos problemas como la acumulación de bacterias muertas sobre las virutas, el desarrollo de otras bacterias y un aumento en la temperatura, condición que puede ocasionar la pérdida de componentes volátiles (alcohol) y bajar el rendimiento en la producción de ácido (Adams & Moss, 2000).

- Acetificación por Cultivo Sumergido.

A diferencia de los métodos de acetificación por cultivo superficial, los métodos de acetificación con cultivo sumergido utilizan bacterias acéticas sumergidas libremente en el líquido a fermentar, en el que adicionalmente se introduce aire constantemente, lo cual permite la máxima transferencia posible de la fase gaseosa a la fase líquida (Hernández, 2003). Entre las ventajas de estos métodos se encuentra que no requiere ninguna clase de material de filtración o material de soporte (virutas de madera) y se obtienen rendimientos altos, así como una mayor velocidad de producción con respecto a los métodos tradicionales (25-30 horas).

No obstante, al tener un menor tiempo de acetificación se hace necesario un proceso de maduración para lograr unas características organolépticas satisfactorias. Este proceso se puede llevar a cabo de forma discontinua, continua y semi-continua (Adams & Moss, 2000).

3.3 Criterios de Control de Calidad

El control de calidad debe entenderse como una actividad programada o un sistema completo, con especificaciones escritas y estándares que incluyan revisión de materias primas y otros ingredientes, inspección de puntos críticos de control de proceso, y finalmente revisión del sistema completo inspeccionando el producto final (Paltrinieri, Figuerola, & Rojas, 1993).

Existen una amplia gama de normas que establecen y especifican los criterios de calidad que deben cumplir las empresas al momento de procesar alimento, Norma del Codex para la Piña (CODEX STAN 182-1993), Norma Técnica Obligatoria Nicaragüense sobre Requisitos Mínimos de Calidad e Inocuidad para la Piña (NTON 03 048-05) y Norma del Codex para el Vinagre (CODEX STAN 162-1987) (Ver anexo A. Normas).

La siguiente tabla presenta las principales características físico-químicas que debe cumplir la piña para su procesamiento:

Tabla 5. Principales Características Físico Químicas de Piña de Acuerdo a Normativa CODEX STAN. Fuente: (FAO/OMS, 1993)

NORMATIVA	PIÑA
	CODEX STAN 182-1993
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	Estar entera, con la corona o sin ella.
	Estar sana, y exentas de podredumbre o deterioro que haga que no sean aptas para el consumo.
	Estar exentas de daños causados por bajas y/o altas temperaturas
	Estar exentas de manchas oscuras internas.
	Estar exentas de manchas pronunciadas.
	El contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser, como mínimo, de 12°Brix.
	Estar prácticamente exenta de daños causados por plagas.

La siguiente tabla presenta las principales características físico-químicas que debe cumplir el vinagre como producto terminado:

Tabla 6. Principales Características Físico Químicas de Vinagre de Acuerdo a Normativa CODEX STAN. Fuente: (FAO/OMS, 1987)

	VINAGRE
NORMATIVA	CODEX STAN 162-1987
CARACTERÍSTICAS FÍSICO QUÍMICAS	Contenido de ácido no más de la cantidad obtenida por fermentación biológica.
	El contenido de sólidos solubles no será menor de 1.3g por 1000 ml por 1% de ácido acético.
	No deberá contener anguílula del vinagre o cantidades sustanciales de otras materias y sedimentos en suspensión, y deberá estar exento de la turbiedad causada por microorganismos.
	No deberá contener ninguna sustancia originada por microorganismos en cantidades que puedan representar un riesgo para la salud.

3.4 Escalamiento

El escalamiento es el proceso mediante el cual se desarrollan los criterios y las reglas de asignación numérica que determinan las unidades de medida significativas para llevar de un tamaño dado (de su escala de investigación, laboratorio o piloto) a otro tamaño mayor (escala industrial, producción) una operación u objeto.

El proceso de investigación y desarrollo puede considerarse dividido en cinco etapas, niveles o escalas: laboratorio, banco, piloto, semi-industrial e industrial. Esta división es convencional y por ello, no son muy precisos los límites entre una escala y otra. En todos los casos resulta imprescindible el análisis detallado de las características del proceso que se pretende desarrollar y del nivel de conocimientos que se tiene sobre el mismo, para poder decidir las etapas que hay que acometer y planificarlas adecuadamente, de forma tal que se emplee el mínimo de recursos y se culmine en el menor tiempo posible (Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008).

El paso fundamental en el escalamiento consiste en pasar los datos obtenidos a escala de laboratorio a un modelo que puede ser (Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008):

- Fenomenológico: fundamentado en algunos razonamientos teóricos pero de tipo macroscópico.
- Empírico: el cual se postula sin bases teóricas y se espera solamente que ajuste la interacción entre los datos en el rango o intervalo de experimentación.
- De similitud: obtenido a partir de un análisis de similitud con respecto a analogías físicas de tipo térmico, mecánico, geométrico, químico, etc.

El tipo de modelo de escalamiento depende tanto del proceso en cuestión como de la geometría de los equipos involucrados (Anaya Durand & Pedroza Flores, 2008).

Del trabajo conjunto de investigación e ingeniería, surgen las variantes iniciales del diseño de planta, que sirven en cada caso para diseñar y seleccionar adecuadamente el equipo que se usara en la escala siguiente, pudiéndose decidir incluso la eliminación de algunas etapas, si el nivel de información así lo aconseja. Se llega de esa forma a la etapa final de diseño y proyectos de ingeniería, donde se realiza toda la documentación final del proyecto, la que debe estar compuesta de (Picado, 2017):

- Diagrama de flujo y balances de materiales y energía del proceso.
- Definición primaria de las especificaciones de equipos.
- Diseño de ingeniería de procesos.

3.5 Diseño del Proceso Productivo

El diseño de procesos es la actividad creativa mediante la cual se generan ideas y luego se traducen en equipos y procesos para producir nuevos materiales (Douglas, 1968). Es la etapa en la cual se arma el proceso, es decir el esquema o diagrama que presenta la secuencia de operaciones necesarias para transformar las materias primas en los productos deseados (Sinnott & Towler, 2013).

La base del diseño es un comunicado más preciso del problema que se ha de resolver. Normalmente incluye el caudal de producción y las especificaciones de pureza de la mayoría de los productos, conjuntamente con la información de las limitaciones que influirán en el diseño tales como (Sinnott & Towler, 2013):

- a) El sistema de unidades que se utilizara.

- b) Códigos de diseños nacionales, locales o de la compañía que se deben seguir.
- c) Detalles de las materias primas.
- d) Información de lugares posibles donde se puede colocar la planta.
- e) Información de la disponibilidad y precios de los servicios públicos.

3.6 Diseño de un Proceso de Flujo

El primer paso para crear un diseño de proceso nuevo será esbozar un diagrama en borrador que muestren las principales etapas en el proceso; y hacer una lista de las funciones principales y las limitaciones principales para cada etapa, entonces se debe indicar que tipos de operaciones unitarias y equipo se consideran. Para llevar a cabo esta transformación, se puede dividir la estrategia global en las siguientes etapas (Sinnott & Towler, 2013):

- f) Definir las reacciones involucradas.
- g) Establecer la distribución de especies.
- h) Diseñar los sistemas de separación.
- i) Diseñar sistemas con integración de energía.
- j) Incorporar criterios de seguridad de proceso.
- k) Analizar los aspectos ecológicos pertinentes.

3.7 Selección y Dimensionamiento de Equipos

De acuerdo a la estandarización del proceso se establecen los equipos requeridos para desarrollar el proceso. El tamaño de los equipos está referido inicialmente a la capacidad de producción, como unidades (volumen a procesar) o flujos para tener un equipo correctamente utilizado (Fonseca, 2015).

Al seleccionar el equipo se tendrá presente el empleo de energía y el flujo de masa que se pretende procesar, y habrá que atender debidamente los siguientes aspectos (FAO, 1991):

1. Su relación con el restante equipo que interviene en la operación y con el que debe haber el equilibrio correspondiente
2. Tener el tamaño apropiado para cubrir las exigencias de producción, así como una capacidad suficiente para poder hacer frente a las necesidades repentinas, pero sin funcionar muy por debajo de su capacidad nominal
3. Tener una construcción robusta, ser seguro y de fácil mantenimiento para reducir así al mínimo el tiempo improductivo

Es uno de los aspectos más importantes, el primer paso es realizar el balance de materia y energía, ya que son las herramientas necesarias para contabilizar los

flujos en un proceso industrial y las distintas operaciones que lo integran (Ontiveros, 2013).

Una vez realizados los balances de materia y energía necesarios se podrán hacer los cálculos en los que se obtengan las dimensiones principales de los equipos de proceso (altura, longitud, ancho, diámetro, volumen, capacidad, caudal, etc.).

3.8 Estimación de Costos de Producción

La estimación es el cálculo del costo que se espera incurrir en la fabricación de un componente antes de que se fabrique realmente (Kesavan, Elanchezhian, & Vijaya Ramnath, 2009):

Las estimaciones son llamadas por diferentes nombres, pero las siguientes categorías representan el rango de precisión y la designación que normalmente se usa para propósitos de diseño (Max & Timmerhaus, 1991):

- Estimación de orden de magnitud (estimación de proporción) basada en datos de costos anteriores similares; probable exactitud de estimación sobre $\pm 30\%$.
- Estimación del estudio (estimación factorizada) basada en el conocimiento de los principales elementos del equipo; probable exactitud de estimación hasta $\pm 30\%$.
- Estimación preliminar (estimación de autorización de presupuesto; estimación de alcance) basada en datos suficientes para permitir el presupuesto de la estimación; probable exactitud de estimación dentro de $\pm 20\%$.
- Estimación definitiva (estimación de control del proyecto) basada en datos casi completos, pero antes de completar los planos y especificaciones; probable exactitud de la estimación dentro de $\pm 10\%$.
- Estimación detallada (estimación del contratista) basada en planos de ingeniería completos, especificaciones y encuestas de sitios; probable exactitud de estimación dentro de $\pm 5\%$.

IV. METODOLOGÍA

El presente trabajo del diseño del proceso productivo se desarrolló la siguiente metodología.

4.1 Determinación de las etapas del proceso productivo

Se realizó una prueba de laboratorio para determinar las variables de control del proceso de producción del vinagre. En la prueba se utilizaron 6 piñas y se realizó de acuerdo a los siguientes pasos:

- **Desinfección de la materia prima:** la piña se lavó con agua potable con el fin de eliminar toda suciedad. (Figura 4)



Figura 4. Piña Desinfectada.

- **Pesado:** una vez limpia la piña se pesó en una báscula digital (Figura 5), obteniendo un peso promedio de 848 g por piña (anexo B).



Figura 5. Pesado.

- **Pelado:** la pulpa se separó de la cáscara utilizando un cuchillo de acero inoxidable (Figura 6). El peso total de la cáscara fue de 1,920 g y el de la pulpa de 3,170 g.



Figura 6. Pelado.

- **Cortado y licuado:** en una tabla para cortar y utilizando un cuchillo de acero inoxidable, se cortó la pulpa en trozos de 3 cm aproximadamente (Figura 7). Se colocaron en una licuadora y se licuó a una velocidad media por un minuto.



Figura 7. Cortado y Licuado.

- **Medición de °Brix:** con un refractómetro para bajas concentraciones de azúcares (0 – 32°) se realizó la medición de los °Brix al jugo de piña, siendo de 12°Brix (Figura 8).



Figura 8. Medición de °Brix.

- **Filtrado:** una vez licuada la pulpa, se filtró con la ayuda de papel filtro y un pascón para obtener un jugo libre de pulpa para garantizar un medio adecuado para la fermentación. Se obtuvieron 3,600 ml de jugo de piña libre de pulpa y un residuo de 1,418.71g (Figura 9).



Figura 9. Residuos del Filtrado.

- **Adición de levadura:** una vez obtenido el jugo libre de pulpa se le agregó 1 g de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) por litro de jugo, para iniciar la fermentación alcohólica.
- **Fermentación alcohólica:** al inicio de la fermentación se midieron las variables de temperatura y pH. El tiempo de fermentación dura aproximadamente 10 días, pasado este tiempo donde ya no se observaba liberación de CO₂ en la trampa de agua se procedió a detener la fermentación (Figura 10).



Figura 10. Fermentación Alcohólica.

En la prueba de laboratorio realizada se midió la temperatura y pH al jugo de piña por medio de un pH – metro y los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Medición de Temperatura y pH.

N° Prueba de Laboratorio	Temperatura (°C)	pH
1	25	4.3

- **Filtrado:** terminado el proceso de fermentación, se filtró el mosto alcohólico. El total de residuos obtenido fue de 366 ml y 3,234 ml de mosto alcohólico.
- **Fermentación acética:** una vez filtrado el mosto alcohólico, en un recipiente plástico se garantizó una entrada constante de aire para que se produjera el mecanismo de deterioro del alcohol, el tiempo de fermentación dura aproximadamente 10 días.

En la prueba de laboratorio realizada se midió la temperatura y pH al mosto alcohólico por medio de un pH – metro y los datos obtenidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8. Medición de Temperatura y pH.

Nº Prueba de Laboratorio	Temperatura (°C)	pH
1	25	3.3

- **Filtrado:** el vinagre obtenido se filtró con el fin de eliminar todo residuo que alterara su apariencia. Obteniendo 486 ml de residuos y 2,748 ml de vinagre de piña, el cual fue envasado en una botella PET (Figura11).



Figura 11. Filtración del Vinagre.

4.2 Escalamiento del Proceso de Elaboración de Vinagre.

El proceso de elaboración de vinagre de piña se realizó con el método de acetificación por cultivo sumergido, ya que, basados en la información bibliográfica descrita en el marco teórico, presenta mejores ventajas, rendimientos y una mayor velocidad de producción respecto a los demás métodos.

A continuación, se describen las etapas del proceso que se siguieron para elaborar el vinagre de piña.

- Recepción y Selección de la materia prima.

Las piñas se transportan por medio de una transportadora de rodillos metálicos, donde se seleccionan manualmente de acuerdo a su textura y grado de madurez. Eliminando las piñas dañadas o magulladas.

Por cada lote de piña se seleccionan 5 piñas para realizar medición de °Brix. Para las mediciones se utiliza un refractómetro para bajas concentraciones de azúcares (0 – 32°). La piña debe cumplir las siguientes condiciones: grado número 5 de maduración y 12°Brix.

- Lavado.

Las piñas seleccionadas son lavadas en un tanque de lavado con agua potable para eliminar toda la suciedad.

- Pelado y corte.

Una vez lavadas se trasladan al área de pelado y corte, se separa la cáscara de la pulpa con ayuda de una peladora y cortadora. La cáscara representa un 37.66% del total de la piña.

- Licuado

Una vez cortada se traslada la piña hacia una trituradora de acero inoxidable y se licua la pulpa para obtener el jugo de piña.

- Filtración.

El jugo obtenido se hace pasar por un filtro de acero inoxidable para eliminar los residuos presentes en el jugo, de donde se obtiene un 48% de residuos de pulpa.

- Fermentación alcohólica.

Luego se traslada hasta el tanque de fermentación donde se agrega la levadura *Saccharomyces cerevisiae* a razón de 1g por litro de jugo obtenido. La fermentación se lleva a cabo en un fermentador de acero inoxidable. Siendo una de las etapas críticas del proceso se tiene control de la temperatura y pH para

garantizar un desarrollo óptimo de las levaduras. Por lo que se realiza de manera estandarizada con las siguientes condiciones 12 °Brix, 25 °C y pH 4.3 corregidos.

- Filtración.

Terminado el proceso de fermentación, se filtra el mosto obtenido por medio de un filtro de flujo cruzado de acero inoxidable, para eliminar los sólidos provenientes del mosto que representan un 12% en peso del total del mosto.

- Fermentación acética.

Se utiliza un fermentador que permita una entrada constante de aire para iniciar a la fermentación bajo las siguientes condiciones 25°C y pH 3.3.

- Clarificación.

El vinagre obtenido se hace pasar por un clarificador de acero inoxidable para eliminar cualquier tipo de residuo que altere la apariencia del vinagre. Los residuos representan un 16% en peso del total de vinagre obtenido.

- Envasado.

Finalizado el proceso de clarificación se envasa el vinagre en botellas PET de 500 ml, con ayuda de una envasadora de acero inoxidable, el rendimiento del proceso es del 22% aproximadamente.

A continuación, se presenta el diagrama del proceso de producción:

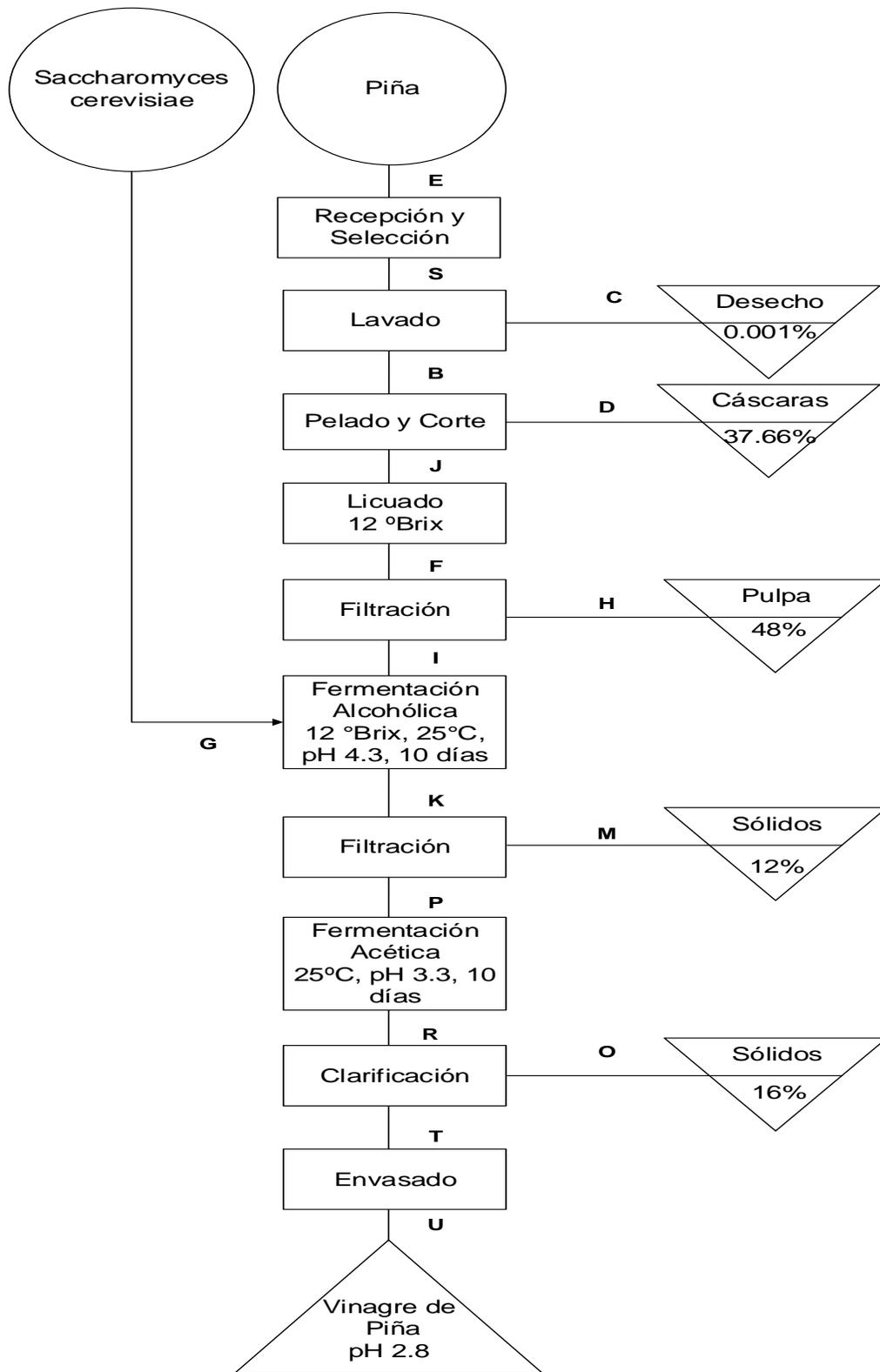


Figura 12. Diagrama del Proceso de Elaboración de Vinagre.

Fuente: (Propia)

4.3 Volumen de Producción.

La planta industrial de producción de vinagre de Piña se diseñó para una producción máxima de 535,500 l/año (279 l/h). Basándonos en los datos de producción anual de piña, en Nicaragua se cosechan 42 millones de unidades (El Nuevo Diario, 2012), de esto tomamos el 5% para el procesamiento y elaboración del vinagre de piña.

El proceso productivo se diseñó para 5 días laborales a la semana, equivalentes a 40 horas.

Producción nacional (piña/año)	42,000,000 piñas
Volumen a procesar (5% PN)	2,100,000 piñas/año
Volumen por día	8,750 piñas/día
Producción por hora (8 horas)	1,094 piñas/hora
Botellas de vinagre al día	4,463 botellas de 500ml

4.4 Cálculo de Balance de Materia y Energía.

El balance de masa se calculó para la producción de un día.

- **Balance general de materia.**

Ecuación 1.

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación}$$

Recepción y selección

Ecuación 2.

$$E = S$$

Cada piña pesa 0.848 kg, por tanto:

$$8750 \text{ piñas/día} = 7420 \text{ kg/día}$$

Lavado

Ecuación 3.

$$S - C = B$$

$$7420 \text{ kg/día} - 0.07 \text{ kg/día} = 7420 \text{ kg/día}$$

Pelado y Corte

Ecuación 4.

$$B - D = J$$

$$7420 \text{ kg/día} - 2794 \text{ kg/día} = 4626 \text{ kg/día}$$

Licuado

Ecuación 5.

$$J = F$$

$$4626 \text{ kg/día} = 4315 \text{ kg/día}$$

Filtrado

Ecuación 6.

$$F - H = I$$

$$4315 \text{ kg/día} - 2071 \text{ kg/día} = 2244 \text{ kg/día}$$

Fermentación Alcohólica

Ecuación 7.

$$I + G = K$$

$$2244 \text{ kg/día} + 3 \text{ kg/día} = 2247 \text{ kg/día}$$

Filtrado

Ecuación 8.

$$K - M = P$$

$$2247 \text{ kg/día} - 270 \text{ kg/día} = 1977 \text{ kg/día}$$

Fermentación Acética

Ecuación 9.

$$P = R$$

$$1977 \text{ kg/día} = 1977 \text{ kg/día}$$

Clarificado

Ecuación 10.

$$R - O = T$$

$$1977 \text{ kg/día} - 316 \text{ kg/día} = 1661 \text{ kg/día}$$

Envasado

Ecuación 11.

$$T = U$$

$$1661 \text{ kg/día} = 1661 \text{ kg/día}$$

Equivalente a 278 l/h, 558 botella/h. El rendimiento de todo el proceso productivo es del 22.40%.

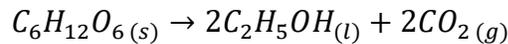
- **Balance de Energía.**

Para calcular el calor generado por la reacción se utilizaron los calores de formación de los compuestos involucrados, los cuales fueron obtenidos de las tablas de calores de formación de compuestos orgánicos e inorgánicos (Banda, 2017).

Ecuación 12.

$$\Delta \bar{H}_{rxn}^{\circ} = \sum n \Delta \bar{H}_{productos}^{\circ} - \sum \Delta \bar{H}_{reactivos}^{\circ}$$

Fermentación Alcohólica



$$\Delta \bar{H}_{C_6H_{12}O_6}^{\circ} = -1274.4 \text{ KJ/mol}$$

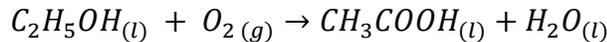
$$\Delta \bar{H}_{C_2H_5OH}^{\circ} = -277.7 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta \bar{H}_{CO_2}^{\circ} = -393.5 \text{ KJ/mol}$$

$$\Delta \bar{H}_{rxn}^{\circ} = \left(\left[2 * \left(-393.5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) + 2 * \left(-277.7 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) \right] - \left[-1274.4 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right] \right)$$

$$\Delta \bar{H}_{rxn}^{\circ} = -68 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

Fermentación Acética



$$\Delta \bar{H}_{C_2H_5OH}^{\circ} = -277.7 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta \bar{H}_{O_2}^{\circ} = 0$$

$$\Delta \bar{H}_{CH_3COOH}^{\circ} = -484.5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

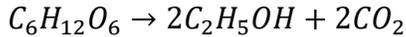
$$\Delta \bar{H}_{H_2O}^{\circ} = -285.5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}}$$

$$\Delta \bar{H}_{rxn}^{\circ} = \left(\left[\left(-484.5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) + \left(-285.5 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) \right] - \left[\left(-277.7 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) - \left(0 \frac{\text{KJ}}{\text{mol}} \right) \right] \right)$$

$$\Delta \bar{H}_{rxn}^{\circ} = -492.3 \frac{KJ}{mol}$$

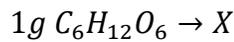
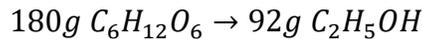
- **Balance Estequiométricos.**

Fermentación Alcohólico



$$C_6H_{12}O_6 = 180 \text{ g/mol}$$

$$C_2H_5OH = 92 \text{ g/mol}$$



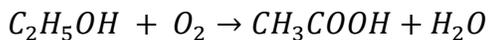
$$X = 0.511g \text{ de alcohol etílico/glucosa consumida}$$

Se tiene un rendimiento teórico del 51.1% en alcohol etílico. Entonces, con un mosto de 12°Brix con este rendimiento se obtendrá un grado alcohólico de:

$$X = 12 * 0.511$$

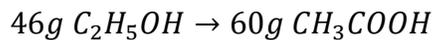
$$X = 6.13 \text{ } ^{\circ}GL$$

Fermentación Acética



$$C_2H_5OH = 46 \text{ g/mol}$$

$$CH_3COOH = 60g/mol$$



$$X = 0.67g \text{ de ácido acético}$$

Es decir, se tiene un rendimiento teórico del 67% en ácido acético.

4.5 Dimensionamiento de Equipos.

Se utilizó el balance de masa para calcular la producción diaria y basándose en el resultado se realizó el dimensionamiento y selección de los equipos. En la siguiente tabla se presentan las principales características a tomar en cuenta a la hora de seleccionar un equipo.

Tabla 9. Principales características para la selección de equipos.

Tipo Genérico del Equipo	Temperatura		Presión		Concentración		Carga de Calor	Consumo de Energía	Flujo o Capacidad	Otros Tipos de Datos
	Entrada	Salida	Entrada	Salida	Entrada	Salida				
Transportadores								C	x	Tamaño
Peladora								C	x	Tamaño
Trituradora								C	x	Tamaño y densidad
Tanques de Fermentación	x	C	x	C	x	x	C	C	x	Equilibrios y relación
Filtradora	x		x		x			C	x	Velocidad de filtración
Bombas	x		x	x				C	x	

*Los equipos marcados con una "x" son los que se requieren normalmente; los designados con una "C" en general se calculan en el diseño de proceso; la "S" denota información que a veces es necesaria. Fuente: (Ulrich, 1986)

A. Transportadora de rodillos metálicos: tiene la función de facilitar el manejo y transporte de las frutas.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una cinta transportadora.

- **Datos iniciales de diseño.**

Como datos de partida en el proceso de diseño de una cinta transportadora se suelen disponer de los siguientes:

- Tipo de material de transporte
- Longitud de la cinta (L, en m)
- Ángulo de inclinación de la cinta (φ en $^\circ$)
- Ancho de banda disponible (B, en mm)
- Velocidad de avance de la cinta (v, en m/s)

- **Estaciones de rodillos.**

Se adjunta la siguiente tabla del fabricante ULMA, donde se incluyen los valores usuales de separación entre estaciones de rodillos

Tabla 10. Distancias de Separación entre Estaciones de Rodillos (m).

Ancho de banda	Rodillos Superiores		Rodillos Inferiores
	Peso específico del material (t/m^3)		
	$\leq 0,6$	$> 0,6$	
400	1,35	1,35	3,00

500	1,35	1,20	3,00
650	1,20	1,10	3,00
800	1,20	1,00	3,00
1000	1,00	1,00	3,00
1200	1,00	1,00	3,00
1400	1,00	1,00	3,00

Fuente: (Ingemecanica, s.f.)

- **Cálculo del área de la sección transversal del material transportado.**

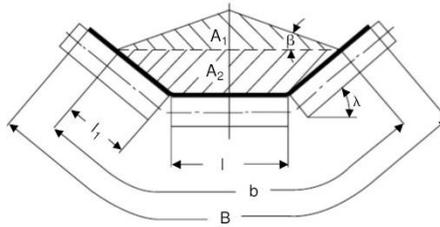


Figura 13. Área de la Sección Transversal.

Fuente: (Ingemecanica, s.f.)

La sección transversal (A) del material que simula a la sección real que forma el material se puede calcular sumando la sección trapezoidal y triangular de la figura anterior:

Ecuación 13.

$$A = A_1 + A_2$$

Donde,

$$A_1 = 0,25 \tan(\beta) [l + (b - l) (\cos(\lambda))]^2$$

$$A_2 = l_1 \sin(\lambda) [l + l_1 (\cos(\lambda))]$$

Siendo,

$$b = 0,9 (B - 0,05)$$

$$l_1 = 0,5 (b - l)$$

A_1 : es la sección triangular superior del material (m²)

A_2 : es la sección trapezoidal inferior del material (m²)

β : es el ángulo de sobrecarga (°)

λ : es el ángulo de artesa en que se disponen los rodillos (°)

l : es la longitud de los rodillos (m)

B: es el ancho de banda de la cinta (m)

- **Capacidad volumétrica de transporte de una banda.**

Ecuación 14.

$$Q_v = 3600 \cdot v \cdot A \cdot k$$

Siendo,

Q_v : Capacidad volumétrica de la banda (m^3/h)

v : Velocidad de avance de la banda (m/s)

A : Área de la sección transversal del material transportado por la banda (m^2)

k : Coeficiente de reducción de la capacidad de transporte de la cinta por su inclinación. Si la cinta transportadora está inclinada, ya sea de forma ascendente o descendente, se le debe aplicar este factor de reducción del área transversal del material transportado. Este coeficiente se puede calcular aplicando la siguiente expresión:

Ecuación 15.

$$K = 1 - 1,64 \left(\frac{\varphi\pi}{180} \right)^2$$

Donde,

φ : es el ángulo de inclinación de la cinta ($^\circ$)

- **Potencia de la banda.**

La potencia total de accionamiento de una cinta transportadora resulta ser la suma de las tres potencias parciales que se enumeran a continuación:

Ecuación 16.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

- **Potencia necesaria para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal de la cinta (P1).**

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

Ecuación 17.

$$P_1 = \frac{C_b v + Q_m}{C_l K_f}$$

Donde,

C_b : es el factor de anchura de la banda (kg/s)

v : es la velocidad de avance de la banda (m/s)

Q_m : es la capacidad de transporte en masa de la banda (t/h)

C_l : es el factor de longitud de la banda (m^{-1})

K_f : es el factor de servicio (-)

A continuación, se incluyen las siguientes tablas de donde se pueden extraer los valores de los distintos factores empleados en la formulación anterior de cálculo.

Tabla 11. Factor de Ancho de la Banda, C_b .

Peso específico γ (t/m^3)	Ancho de banda (mm)							
	300	400	500	650	800	1000	1200	1400
$\gamma \leq 1$	31	54	67	81	108	133	194	227
$1 < \gamma \leq 2$	36	59	76	92	126	187	277	320
$\gamma > 2$	-	65	86	103	144	241	360	414

Fuente: (Ingemeccanica, s.f.)

Tabla 12. Factor de Longitud de la Banda, C_l .

Longitud de banda (m)	32	40	50	63	80	90	100	150	200	250	300
C_l	222	192	167	145	119	109	103	77	63	53	47

Fuente: (Ingemeccanica, s.f.)

Tabla 13. Factor de Servicio, K_f

Condiciones de trabajo	K_f
Favorables, buena alimentación, bajas velocidades	1,17
Normal, condiciones estándar	1
Desfavorables, baja temperatura y alta velocidad	0,74 - 0,87
Temperaturas extremadamente bajas	0,57

Fuente: (Ingemeccanica, s.f.)

- **Potencia necesaria para elevar la carga hasta una cierta altura (P2).**

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

Ecuación 18.

$$P2 = \frac{H Q_m}{367}$$

Donde,

H: es la altura que alcanza la banda transportadora (m)

Q_m : es la capacidad de transporte en masa de la banda (t/h)

La altura (H) que alcanza el extremo de la cinta se calcula a partir de la longitud (L) de la cinta y su inclinación (φ) mediante la expresión siguiente:

Ecuación 19.

$$H = L \cdot \text{sen}(\varphi)$$

- **Potencia necesaria para vencer rozamientos de elementos auxiliares, dispositivos de limpieza y guías (P3).**

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

Ecuación 20.

$$P3 = Pa + Pb + Pc$$

Donde,

P_a : es la potencia debida a los trippers (kW)

P_b : es la potencia debida a los dispositivos de limpieza (kW)

P_c : es la potencia debida a las guías y faldones instalados (kW)

A continuación, se incluye una tabla donde se estima la potencia consumida por cada una de los elementos auxiliares que se acople a la cinta transportadora, en función de la velocidad y anchura de la banda:

Tabla 14. Potencias Adicionales de Equipos Auxiliares.

	Ancho de banda (m)	Potencia (kW)
Trippers, P_a	≤ 500	0,8 (v)
	≤ 1000	1,5 (v)
	> 1000	2.3 (v)
Dispositivos de limpieza, P_b	Tipo de contacto / presión	
	Contacto simple	0,3 (B) (v)
	Contacto elevado	1,5 (B) (v)
Guías de carga, P_c	Longitud L_f (m)	
	Desde punto de carga	0,16 (v) (L_f)

Fuente: (Ingemeconica, s.f.)

Donde,

B: es el ancho de banda de la cinta (m)

v: es la velocidad de avance de la banda (m/s)

Lf: es la longitud de la guía o faldones (m)

La potencia total (P_T) de accionamiento de una cinta transportadora

Ecuación 21.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

B. Tanque de lavado: tiene la función de lavado de la fruta.

C. Peladora: tiene la función de pelar la piel dura de la fruta.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una peladora.

- **Dimensiones de la piña.**

Se ha tomado el perímetro de la piña como dato principal, debido a que el diámetro en la piña no es constante; partiendo del perímetro se procederá a obtener un promedio de datos mediante las siguientes ecuaciones geométricas.

Ecuación 22.

$$P = 2 \pi r \quad \therefore r = \frac{P}{2 \pi}$$

$$D = 2 r$$

- **Diámetro del cilindro.**

Teniendo en cuenta el diámetro de la Piña y la profundidad de ojos se calcula el diámetro del cilindro.

Ecuación 23.

$$D = \text{Diámetro medio} - (\text{profundidad de ojos} \times 2)$$

- **Potencia del motor.**

Ecuación 24.

$$P = T \omega$$

$$\omega = \frac{2\pi [RPM]}{60}$$

$$T = m g r$$

ω = velocidad angular (rad/s)

T = momento de torso (Nm)

M = masa de la piña por hora (kg)

G = aceleración de la gravedad (m/s²)

r = radio del cilindro del pelado (m)

- **Corriente del motor.**

Ecuación 25.

$$I = \frac{P}{V}$$

P = potencia

V = voltios

D. Trituradora: tiene la función de disminuir el tamaño de las partículas mediante la fuerza para romper y reducir el objeto en volumen más pequeño.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una trituradora.

- **Capacidad.**

Se determina con la siguiente ecuación:

Ecuación 26.

$$C = Q \frac{t_r}{60}$$

C: capacidad en ft³

Q: flujo volumétrico de líquido en ft³/h

Tr: tiempo de residencia en min

- **Potencia.**

La potencia requerida se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 27.

$$P = 1.46(Tm)(Wi) \left(\frac{1}{d_p^{0.5}} - \frac{1}{d_r^{0.5}} \right)$$

Donde,

P = potencia, hp

Tm = capacidad del triturador, ton/min

Wi = índice de trabajo, kwh/ton

dp = tamaño del producto, ft

dr = tamaño de la alimentación, ft

El índice de trabajo es la energía total necesaria para reducir la alimentación a un tamaño tal que el 80% del producto pueda pasar por una pantalla de 100 micras

Tasa de reducción = 4

Índice de trabajo = 13.8 kwh/ton

E. Tanque de fermentación: tiene la función de almacenar el jugo obtenido en los procesos anteriores para convertirla en alcohol por acción de las levaduras.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de un tanque.

- **Diámetro.**

El diámetro del tanque se determina de la siguiente manera:

Ecuación 28.

$$F = \frac{P}{CSE}$$

Donde,

P: presión de diseño (lb/pulg²)

C: margen de corrosión (pulg)

S: valor de esfuerzo del material (lb/pulg²)

E: eficiencia de la junta

Los valores de CSE se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla 15. Parámetros de Diseño del Tanque.

Descripción	Parámetros de diseño	Observación
P	16.68 lb/pulg ²	
C	0.077 pulg	Para acero inoxidable
S	35000 lb/pulg ²	

E	0.85	Cuerpo cilíndrico
	1	Cabeza toriesférico
	1	Fondo toriesférico

Fuente: (Lamus & Aguilar, 2015)

Los valores F y V se grafican en la siguiente Figura para obtener el diámetro interno (pies) del tanque:

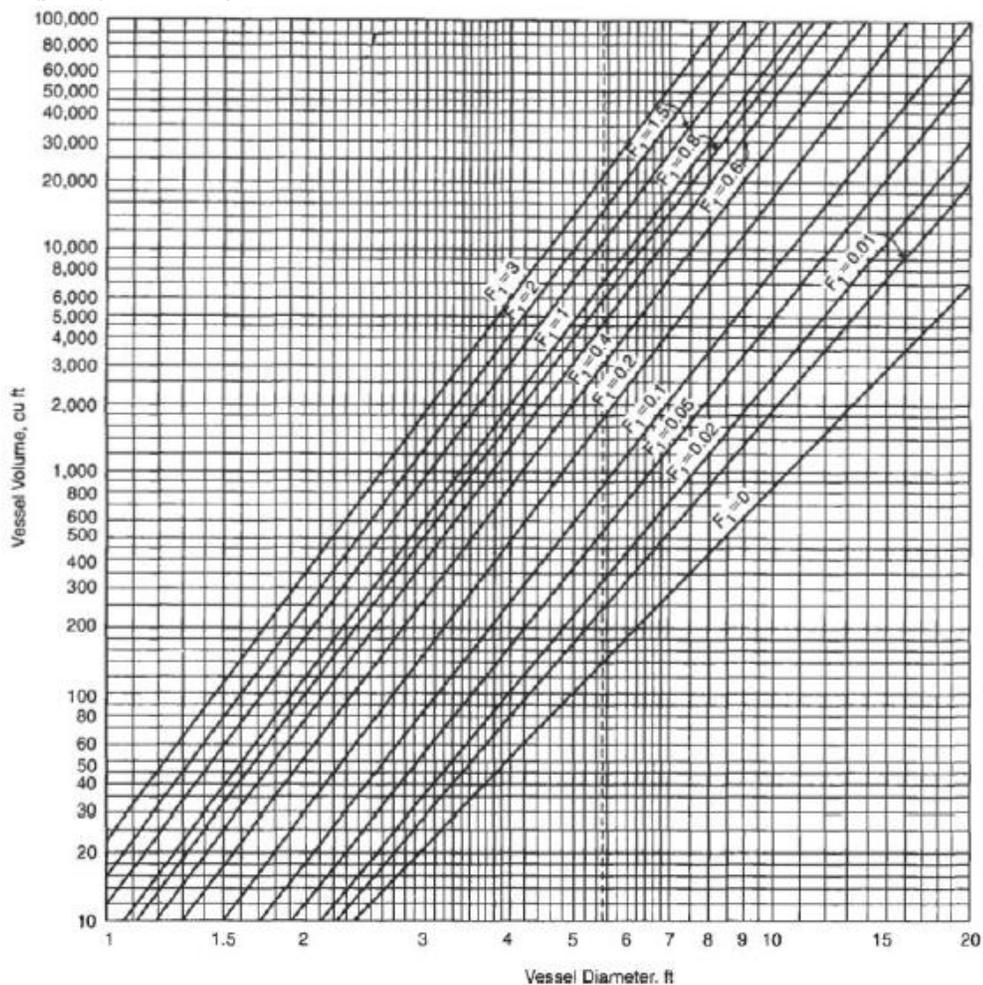


Figura 14. Selección del Diámetro del Recipiente.

Fuente: (Moss, 2004)

El volumen del fondo toriesférico se determina de la siguiente ecuación:

Ecuación 29.

$$V_f = 0.1D_i^3$$

Donde,

V_f : volumen del fondo toriesférico

D_i : diámetro interno del tanque

La altura del fondo toriesférico se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 30.

$$V_{cc} = V_D - V_f$$
$$L_{cc} = \frac{4V_{cc}}{\pi D_i^2}$$

Donde,

L_{cc} : altura del fondo toriesférico

V_{cc} : volumen del cilindro

V_D : volumen de diseño

F. Filtro: tiene la función de retener los sólidos e impurezas de la solución.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de un filtro.

- **Volumen de la torta.**

Ecuación 31.

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

Donde:

V_c : Volumen de la torta (m^3)

M_c : Masa de la torta (kg).

ρ_c : Densidad de la torta (kg/m^3).

- **Potencia del filtro.**

Ecuación 32.

$$\frac{\Delta P}{\rho} + g\Delta z + \frac{\Delta v^2}{2g} = Q - W_s$$

$$g\Delta z = 0, \text{ horizontal} \quad \frac{\Delta v^2}{2g} = 0, \text{ flujo constante} \quad Q=0, \text{ despreciable}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = -W_s$$

G. Clarificador: tiene la función de eliminar los sólidos de la solución.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una clarificadora.

Según los datos obtenidos en 8 horas de producción continuas y teniendo en cuenta la producción se presenta un caudal máximo de 2.67162 m³/día, y de acuerdo al caudal obtenido anteriormente el volumen a tomar para el diseño del tanque de clarificación será el consumo durante un ciclo de producción de 8 horas correspondiente a 2.67162 m³, al cual según Bravo y Henao mencionan que para diseñar un tanque de clarificación se debe tomar un valor teórico llamado factor de seguridad, que usualmente tiene un valor de 15%, además el tanque tendrá forma cilíndrica a partir del cual se establece una relación altura/diámetro (H/D) igual a 1,5.

- **Volumen del tanque.**

Ecuación 33.

$$V_{tanque} = m_e + (m_e f_s)$$

Dónde:

m_e = Masa que entra al clarificador (m³)

f_s = factor de seguridad

- **Diámetro del tanque.**

Ecuación 34.

$$V_c = \frac{\pi}{4} D^2 h$$

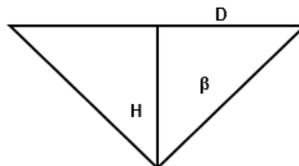
$$D = \left[\frac{(4)(V_{tanque})}{(1,5)(\pi)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

- **Altura del tanque.**

Ecuación 35.

$$h = 1.5 D$$

- **Sección cónica del tanque.**



Según la figura se puede calcular la altura del cono teniendo en cuenta los 45 ° de referencia que en radianes equivalen a 0,78581.

- **Dimensiones de la sección cónica.**

Ecuación 36.

$$\text{Tan } \beta = \frac{\text{cateto opuesto (Hcono)}}{\text{cateto adyacente (r)}}$$

$$\text{cateto opuesto (Hcono)} = (\text{Tan } \beta) (\text{cateto adyacente (r)})$$

- **Volumen de la sección cónica.**

Ecuación 37.

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi r^2 H_{\text{cono}}}{3}$$

- **Volumen total del cilindro.**

Ecuación 38.

$$V_{\text{cilindro}} = V_{\text{tanque}} - V_{\text{cono}}$$

- **Altura del cilindro.**

Ecuación 39.

$$H_{\text{cilindro}} = \frac{4 V_{\text{cilindro}}}{\pi D^2}$$

- **Altura del tanque clarificador.**

Ecuación 40.

$$H_{\text{tanque clarificador}} = H_{\text{cilindro}} + H_{\text{cono}}$$

H. Envasadora: tiene la función de llenar y sellar el producto facilitando el aseguramiento de la calidad del producto.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una envasadora.

- **Capacidad.**

Ecuación 41.

$$C = \text{produccion anual} * \text{produccion de envases en 1 litro}$$

Para determinar el tiempo que se labora en el envasado se tomó en cuenta los días festivos, ya que no se laborara los sábados y domingos

$$\text{dias laborables} = \text{dias del año} - \text{sabados} - \text{domingos} - \text{dias festivos}$$

La cantidad de envases que se producirán diarios será:

Ecuación 42.

$$\text{envases diarios} = \frac{\text{envases al año}}{\text{dias laborables}}$$

La planta trabajara 8 horas diarias por tanto la cantidad de envases diarios por hora será:

Ecuación 43.

$$\text{envases diarios por hora} = \frac{\text{cantidad de envases diarios}}{\text{horas laborables diarias}}$$

- **Tiempo de ciclo.**

En cada ciclo se llenaran 2 envases a la vez

Ecuación 44.

$$T = \frac{60 \text{ segundos}}{\# \text{ de ciclos}}$$

$$\text{envases por minuto} = (\# \text{ de envases a llenar en simultaneo})(\text{ciclos})$$

- **I. Tuberías y Bombas.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de tuberías.

A la hora de seleccionar el material de las conducciones hay que tener en cuenta que fluido va circular por ellas, que en el presente proyecto será, jugo de piña y vinagre de piña.

Las tuberías serán de acero inoxidable 304L para las conducciones de fermentación alcohólica, puesto que los fluidos que van a circular por ellas no serán excesivamente agresivos, y se empleara acero inoxidable 316L, dadas las características corrosivas para las líneas de vinagre.

- **Diámetro nominal.**

Ecuación 45.

$$D_{int.opt} = 3.9 q_f^{0.45} \rho^{0.13}$$

Donde:

$D_{int.opt}$ = diámetro interior óptimo de la tubería (pulg)

q_f = caudal (ft³/s)

ρ = densidad (lb/ft³)

- **Perdidas de carga.**

Ecuación 46.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

h_f = pérdida de carga en m

f = coeficiente de rozamiento

$$f = \left(\frac{\varepsilon}{D}\right), \varepsilon = 0.05 \text{ mm}$$

L = longitud total de la tubería en m

V = velocidad del fluido en m/s

$$Q = vS \rightarrow v = \frac{Q}{S}, Q = \frac{4}{\pi D^2}$$

g = aceleración de la gravedad en m/s²

D = diámetro interior de la tubería en m

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una bomba.

- **Altura útil.**

Ecuación 47.

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \sum h_f$$

$z_2 - z_1$ = diferencia de cotas entre los puntos considerados

$\frac{P_2 - P_1}{\rho g}$ = diferencia de presiones entre descarga y aspiración

$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$ = diferencia de velocidades entre descarga y aspiración

$\sum h_f$ = pérdidas de carga

- **Potencia.**

Ecuación 48.

$$W = Q \rho g H$$

Q = caudal que suministra la bomba (m³/s)

ρ = densidad del fluido (Kg/m³)

g = aceleración de la gravedad (m/s²)

H = altura útil (m)

4.6 Estimación de Costos de Producción.

4.6.1 Capital Fijo Total.

El cálculo del capital fijo se realiza mediante la guía planteada por Ulrich (1993) y Peters & Timmerhaus (1991). El capital fijo total es la suma de los costos directos e indirectos fijos de la planta industrial.

Los porcentajes utilizados en los siguientes acápite hacen referencia a una planta de procesamiento de fluidos (Peters & Timmerhaus, 1991).

4.6.2 Costos Fijos Directos.

Los costos fijos directos, lo conforman: costo total de los equipos y auxiliares en la planta, costo CIF, costos de instalación, costos de instrumentos y control, costos de tubería y accesorios, costo de instalación eléctrica, costo de edificios, costos de mejoras del terreno y costos de servicio.

Cuando es necesario estimar un equipo del cual no se conoce el costo, es posible aplicar la siguiente ecuación (Peters & Timmerhaus, 1991):

Ecuación 49.

$$(\text{Costo del equipo})_x = (\text{Costo del equipo})_{base} * \left(\frac{\text{Capacidad del equipo}_x}{\text{Capacidad del equipo}_{base}} \right)^{0.6}$$

a. Costo total de los equipos y auxiliares en la planta.

La estimación de los costos de los diferentes equipos y auxiliares que forman el proceso de producción, se realizó de la siguiente manera:

	Observación
Alibaba	Se cotizaron los siguientes equipos: Transportadora de rodillos y clarificador.
Ecuación de Estimación de Costo	Para los equipos: tanque de lavado, peladora y cortadora, filtro y envasadora.
http://www.matche.com/equipcost/Default.html	Para los demás equipos.

b. Costo CIF.

El costo CIF (costo de comercio) se refiere al costo de seguro y flete de la logística marítima o fluvial. Se considera un 10% del costo estimado por la guía de costos (Peters & Timmerhaus, 1991).

c. Costos de instalación.

La instalación de equipos considera costos de mano de obra, fundaciones, soportes, plataformas, gastos de construcción y otros factores directamente relacionados con el montaje de equipo comprado, se estima un 47% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

d. Costos de instrumentos y control.

Considera costos de instrumentos, costos de mano de obra de instalación y gastos de equipos auxiliares y los materiales, constituyen la mayor parte de la inversión de capital necesaria para la instrumentación, se estima un 36% de costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

e. Costos de tubería y accesorios.

El costo de la tubería cubre la mano de obra, válvulas, accesorios, tuberías, soportes y otros artículos involucrados en la construcción completa de todas las tuberías utilizadas directamente en el proceso, se estima un 68% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

f. Costo de instalación eléctrica.

Considera los costos de las instalaciones eléctricas, principalmente la mano de obra de instalación y materiales para energía e iluminación, se estima un 11% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

g. Costo de edificios.

Son los costos de los edificios, incluidos los servicios, gastos de mano de obra, materiales y suministros involucrados en la construcción de todos los edificios conectados con la planta, se estima un 18% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

h. Costos de mejoras del terreno.

Considera los costos para cercas, nivelación, carreteras, aceras, paisajismo y elementos similares, se estima un 10% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

i. Costos de servicios.

Considera los servicios tales como, agua y energía que son partes de las instalaciones de servicio de una planta industrial, se estima un 70% del costo total de los equipos puestos en planta (Max & Timmerhaus, 1991).

4.6.3 Costos Fijos Indirectos.

Los costos fijos indirectos lo conforman, costos de ingeniería y supervisión, costos de construcción, costos de seguros e impuestos de construcción, costo de los honorarios de los contratistas y gastos imprevistos.

a. Costo de ingeniería y supervisión.

Considera los costos de diseño de construcción e ingeniería, compras, contabilidad, construcción e ingeniería de costos, viajes, comunicaciones y gastos de oficina, se estima un 33% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

b. Costo de construcción.

Incluye los gastos de construcción y operaciones temporales, herramientas de construcción y alquileres, nómina de construcción, impuestos y seguros y otros gastos generales de construcción, se estima un 41% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

c. Costo de seguros e impuestos de construcción.

Lo conforman los costos legales, gastos para el proceso de identificación de las regulaciones, preparación y presentación de formularios requeridos por las agencias reguladoras, el proceso de adquisición de la aprobación regulatoria y costos de negociación de contratos, se estima un 4% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

d. Costos de los honorarios de los contratistas.

Son los honorarios del contratista, se estima un 22% del costo total de los equipos puestos en planta (Max & Timmerhaus, 1991).

e. Gastos imprevistos.

Son los gastos de contingencia para compensar eventos impredecibles, como tormentas, inundaciones, huelgas, cambios de precios, pequeños cambios de diseño, errores de estimación y otros gastos imprevistos, se estima un 44% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

4.6.4 Costo de Producción.

4.6.4.1 Costo Directo de Producción.

Incluye los costos directos como lo son materia prima e insumos, mano de obra, supervisión e ingeniería, mantenimiento y reparación, auxiliares y servicios, suministros de operación.

- **Costo de materia prima e insumos.**

Se considera la materia prima e insumo para la elaboración del vinagre de piña siendo estos, piña y levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Dicho cálculo se basó en el resultado del balance de materia y energía. La cotización de dichos precios se realizó en el mercado de Ticuantepe y en Distribuidora Jirón (para la levadura).

- **Costo de mano de obra.**

Son los costos de los trabajadores que se encuentran directamente en el proceso de producción. Los salarios y beneficios de los trabajadores están sujetos al Código del Trabajo, Ley de Seguridad Social y Ley del Salario mínimo, así como a decretos relacionados a dichas leyes. Se estima que en el proceso productivo trabajen 20 personas, por lo que se aplicara el 21.5% INSS.

- **Costo de supervisión e ingeniería.**

Es el costo de la supervisión directa de las operaciones del proceso de producción.

- **Costo de mantenimiento y reparación.**

Son los costos asociados al mantenimiento preventivo y reparación de la maquinaria del proceso, se estima un 6% del costo total de los equipos puestos en planta (Peters & Timmerhaus, 1991).

- **Costo de auxiliares y servicios.**

Considera los costos de materiales de limpieza, agua y energía eléctrica, se estima un 10% del costo de mantenimiento y reparación (Peters & Timmerhaus, 1991).

- **Costo de suministro de operación.**

Considera los costos de lubricantes y materiales de mantenimiento y reparación, se estima un 15% del costo de mantenimiento y reparación (Max & Timmerhaus, 1991).

4.6.4.2 Costo Indirecto de Producción.

Los costos indirectos de producción son los gastos de laboratorio, cargas a planillas y gastos generales de la planta.

- **Gastos de laboratorio.**

Son el costo de las pruebas de laboratorio para el control de las operaciones y calidad del producto, se estima un 15% del costo de mano de obra (Peters & Timmerhaus, 1991).

- **Cargos a planillas.**

Representa los beneficios sociales que contempla la Ley de seguridad social y Ley de salario mínimo, así como los decretos relacionados a dichas leyes.

- **Gastos generales de la planta.**

Son los costos asociados por vigilancia, limpieza, atención médica, servicios de alimentación, se estima 6% del costo de mantenimiento y reparación.

4.6.4.3 Costos Fijos de Producción.

Los costos fijos son independientes al proceso productivo, incluye depreciación, impuestos y seguros.

- **Gasto por depreciación.**

La depreciación es el reconocimiento fiscal de la pérdida de valor que sufren los activos fijos con el transcurso del tiempo. El cálculo para la depreciación esta normado en la Ley 453 "Ley de equidad fiscal", para equipos industriales se aplica 10%.

- **Gastos por impuestos y seguros.**

Se refiere a los costos por impuestos a la propiedad y seguros de la planta industrial, se estima un 3% del costo total de los equipos puestos en planta (Max & Timmerhaus, 1991).

V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Variables del proceso de elaboración del vinagre de piña.

5.1.1 Materia Prima.

Resultados obtenidos de la inspección de materia prima en la elaboración de vinagre de piña.

Tabla 16. Inspección de la Piña.

Nombre del producto	Piña	
Descripción	Es una fruta de la familia de las bromeliáceas, fructifica una vez cada año produciendo un único fruto fragante y dulce, muy apreciado en gastronomía	
Condiciones	Ideales	Reales
Composición o características fisicoquímicas	Estar entera Sana, exentas de podredumbre o deterioro Sin manchas oscuras internas Con sólidos solubles totales en la pulpa del fruto 12°Brix mínimo Sin daños causados por plagas.	Estar entera Sana, exentas de podredumbre o deterioro Sin manchas oscuras internas Con sólidos solubles totales en la pulpa del fruto 12°Brix mínimo Sin daños causados por plagas.

Fuente: CODEX STAN 182-1993

5.1.2 Insumos.

Tabla 17. Inspección de la Levadura.

Nombre del producto	Saccharomyces cerevisiae	
Descripción	Organismo vivo que produce enzimas las cuales provocan cambios bioquímicos importantes en productos orgánicos naturales como la fermentación	
Condiciones	Ideales	Reales
Composición o características fisicoquímicas	Forma: redonda u ovalada Olor: inodoro Color: café claro Agua: 70% Azúcar: 12% Minerales: 2%	Forma: redonda u ovalada Olor: inodoro Color: café claro Agua: 70% Azúcar: 12% Minerales: 2%
Otros requisitos	Se debe contar con la certificación del proveedor	

Empaque y rotulado	Debe tener toda la información del producto
---------------------------	---

Fuente: (Pastelería, 2000)

Variables de Control para la Fermentación Alcohólica.

- El jugo de piña contiene °Brix 12.
- Levadura inicia la fermentación.
- Rango de temperatura entre 25 y 34°C.
- Temperatura crítica de 37°C.
- pH de 4.3.
- Tiempo de fermentación de 10 días.

Variables de Control para la Fermentación Acética.

- Rango de temperatura entre 25 y 34°C.
- Temperatura crítica de 37°C.
- pH de 3.3.
- Tiempo de fermentación de 10 días.

Variables de Control para el Producto Final.

Las características obtenidas fueron:

- pH: 2.8.
- Color: Amarillento.
- Textura: Líquida.

5.2 Resultados del balance de materia y energía.

Del cálculo del balance de materia y energía se obtuvieron los siguientes resultados.

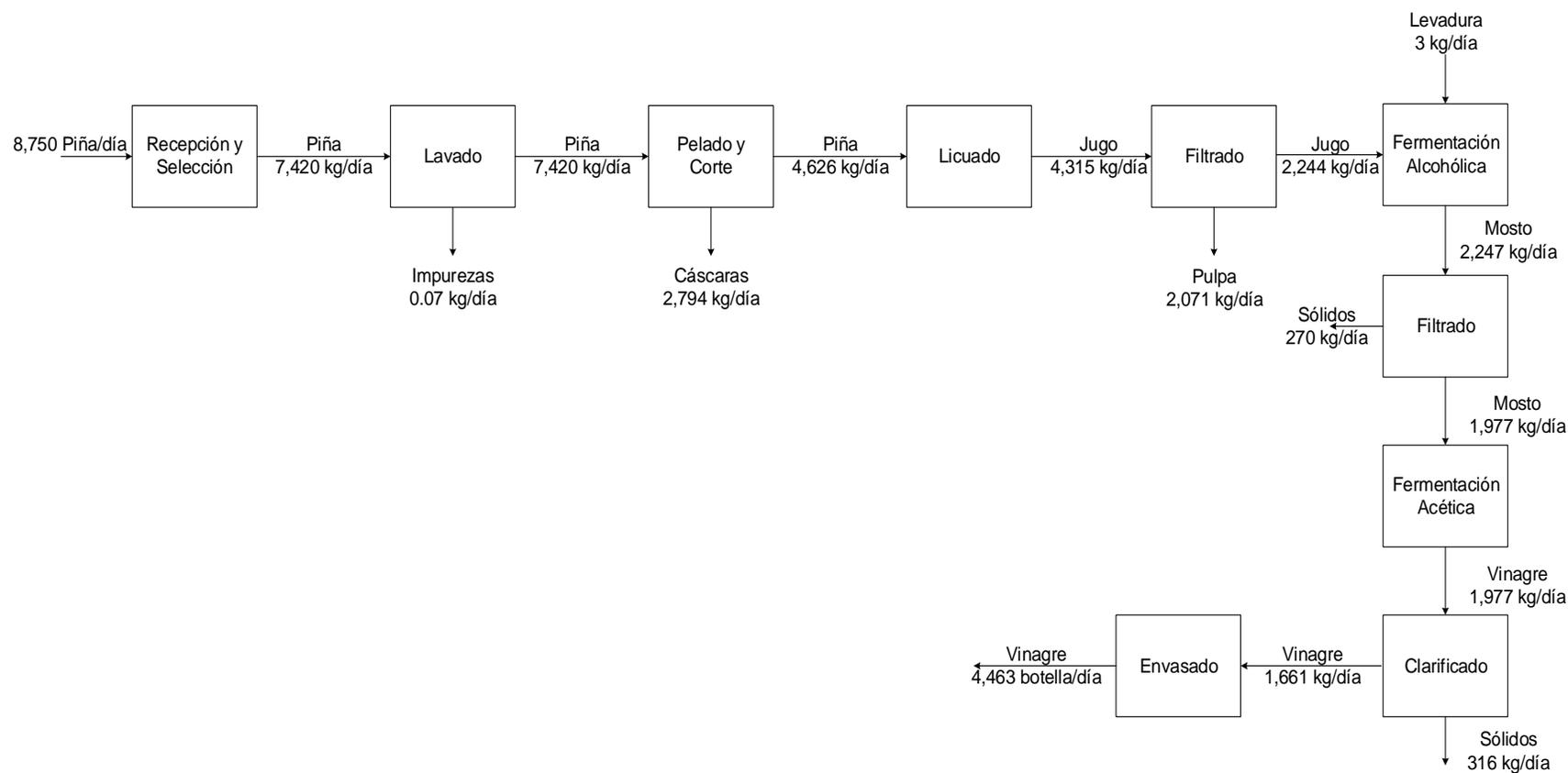


Figura 15. Balance de Masa del Proceso.

Fuente: (Propia)

5.3 Selección de equipos.

A continuación, se presentan los detalles de dimensiones y especificaciones técnicas de los equipos que serán usados durante todo el proceso de producción.

Recepción y selección

Tabla 18. Especificaciones técnicas de la transportadora.

Transportadora de rodillo metálicos	
Material	Acero inoxidable
Longitud	10 m
Dimensiones	10000*900*950mm
Consumo energético	4 kw
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Alibaba, s.f.)

Lavado

Tabla 19. Especificaciones técnicas del tanque de lavado.

Tanque de lavado	
Material	Acero inoxidable
Capacidad	8000kg/día
Dimensiones	900*4100*960mm
Consumo energético	3 kw
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Fruit Processing Machinery, s.f.)

Pelado y corte

Tabla 20. Especificaciones técnicas de la peladora.

Peladora	
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	9700 kg/día
Dimensiones	775*2470*H2350mm
Consumo Energético	2.2 kW
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Fruit Processing Machinery, s.f.)

Tabla 21. Especificaciones técnicas de la cortadora.

Cortadora	
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	8140 kg/día
Dimensiones	750*4800*H2100mm
Consumo Energético	2.2 kW
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Fruit Processing Machinery, s.f.)

Licuada y Filtrado

Tabla 22. Especificaciones técnicas del triturador y filtrador.

Triturador y Filtrador	
Material	SUS304 acero inoxidable
Capacidad	4800 kg/día
Dimensiones	1170x410x1140 mm
Consumo Energético	1.5kw
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Alibaba, s.f.)

Fermentación Alcohólica

Tabla 23. Especificaciones técnicas del tanque de fermentación alcohólica.

Fermentador	
Material	Acero inoxidable
Capacidad	3500L
Dimensiones	1700x1700x3700mm
Consumo Energético	1.5 kW
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Alibaba, s.f.)

Filtrado

Tabla 24. Especificaciones técnicas de la filtradora.

Filtro	
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	3200 L/día
Superficie del filtro m²	12.2
Diámetro capilar	1.1mm
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Cetotec, s.f.)

Fermentación Acética

Tabla 25. Especificaciones técnicas del tanque de fermentación acética.

Fermentador	
Material	Acero inoxidable
Capacidad	3000 L
Dimensiones	1400x1700x3150mm
Consumo Energético	30 kW
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Alibaba, s.f.)

Clarificado

Tabla 26. Especificaciones técnicas del clarificador.

Clarificador	
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	3200 L/día
Dimensiones	600x900x1600 mm
Consumo Energético	2.2 kw
Velocidad	16300 r/min
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Alibaba, s.f.)

Envasado

Tabla 27. Especificaciones técnicas de la envasadora.

Envasadora	
Material	Acero Inoxidable
Capacidad	4800 u/día (500 ml)
Dimensiones	1200x600x1800 mm
Volumen	30-4000 ml
Tamaño de envase	Cualquier tamaño o forma de botella
Tipo de envase	PVC, polietileno, PET o vidrio
Cantidad de equipo	1



Fuente: (Astimec, s.f.)

5.4 Diagrama Tecnológico.

La representación gráfica del proceso de elaboración de vinagre se piña se representa el siguiente diagrama tecnológico.

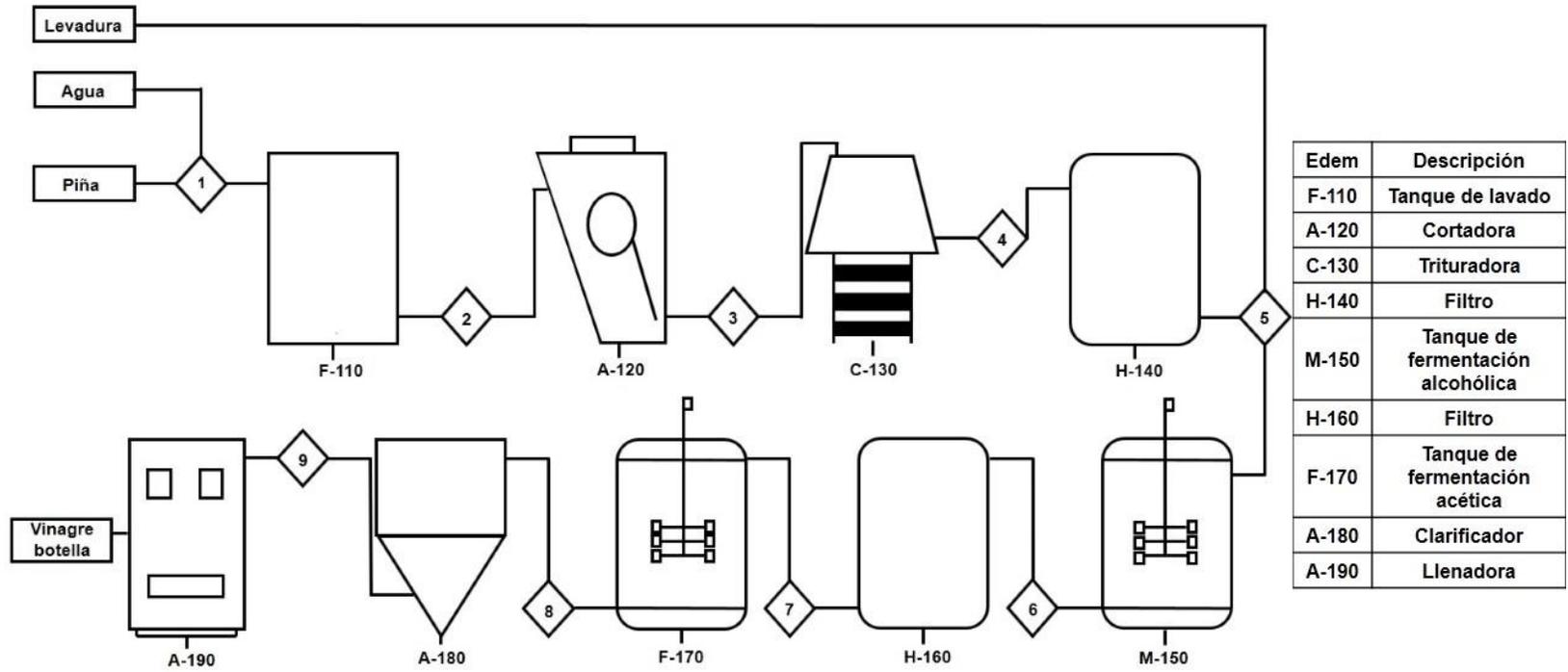


Figura 16. Diagrama Tecnológico.

Fuente: (Propia)

5.5 Estimación de Costos de Producción.

En la siguiente tabla se presenta la estimación de los costos de producción para un año de producción de vinagre de piña. El detalle de cada uno de los costos se presenta en anexo D.

Tabla 28. Estimación de Costos de Producción.

Concepto	Porcentaje Aplicado	Costo Anual (U\$)	Costo Total Anual (U\$)
COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCIÓN			
Costo Materia Prima e Insumos	100%	2031,708.00	2031,708.00
Costo Mano de Obra	100%	4,290.00	4,290.00
Costo Supervisión e Ingeniería	100%	11,400.00	11,400.00
Costo Mantenimiento y Reparación	6%	Costo Equipos en Planta	9,233.42
Costo Auxiliares y Servicios	15%	Costo Mantenimiento	1,385.01
Costo Suministros de Operación	15%	Costo Mantenimiento	1,385.01
SUBTOTAL			2059,401.44
COSTOS INDIRECTOS DE PRODUCCIÓN			
Gasto de Laboratorio	15%	Costo Mano de Obra	643.50
Cargos a Planillas	100%	82,896.80	82,896.80
Gastos Generales de la Planta	6%	Costo Mantenimiento	554.01
SUBTOTAL			84,094.31
COSTOS FIJOS DE PRODUCCIÓN			
Gasto de Depreciación	10%	137,658.13	13,765.81
Gastos Impuestos y Seguros	3%	Costo Equipos en Planta	4,616.71
SUBTOTAL			18,382.52
TOTAL COSTO DE PRODUCCIÓN			2161,878.27

Los costos de producción para la elaboración de vinagre de piña de 500 ml para un año, es de U\$ 2, 161,878.27

VI. CONCLUSIÓN

Al finalizar la presente investigación, con los resultados se determinó las siguientes conclusiones:

- La materia prima utilizada en la elaboración de vinagre fue el jugo de pulpa de piña; se determinó en la práctica de laboratorio que un jugo con concentración de 12°Brix y un valor de pH de 4.3 a una temperatura de 25°C, presenta características adecuadas para dar inicio a un proceso de fermentación alcohólica y acética con una duración de 20 días, determinando así que las variables que influyen durante el proceso productivo son °Brix, pH y temperatura.
- El proceso productivo para el vinagre de piña se escaló a nivel industrial en base a un volumen de producción de 535,500 l/año de vinagre, que corresponde a procesar el 5% de la producción nacional de piña, procesando 8,750 kg/día de piña.
- Para producir 535,500 l/año de vinagre de piña se estimó que los costos de producción anuales tienen un valor de U\$ 2, 161,878.27 en los cuales intervienen los costos de materia prima, mano de obra, costos administrativos y depreciación de activos fijos.

VII. RECOMENDACIONES

Se brindan las siguientes recomendaciones:

- Separar cada una de las materias primas para mantenerlas libre de contaminación y evitar confusiones al momento de utilizarla en el proceso.
- Utilizar levadura fresca para realizar la fermentación alcohólica, ya que con esta se obtiene un proceso más rentable.
- Para mantener un alto rendimiento en la fermentación alcohólica para la elaboración de vinagre, se requiere una previa activación de las levaduras, durante un tiempo de 15 minutos, para que estas inicien su actividad antes de entrar en contacto con la demás materia prima.
- Es imprescindible llevar un control sobre los cambios que se dan tanto durante la fermentación alcohólica como durante la oxidación a ácido acético, ya que se pueden producir transformaciones no convenientes que podrían ocasionar un daño irreparable en las características del producto final.
- Los residuos del proceso como cáscara y pulpa pueden ser utilizados en la obtención de otros productos, el primero puede ser utilizada para la elaboración de infusiones, y el segundo para la elaboración de mermelada.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Adams, M., & Moss, M. (2000). *Food Microbiology*. Cambridge: Royal Society of Chemistry.
- Alibaba*. (s.f.). Obtenido de <http://m.spanish.alibaba.com/p-detail/combined-automatic-pineapple-crusher-and-juice-60350725961.html?language=spanish&redirect=1>
- Alibaba*. (s.f.). Obtenido de https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/Centr%25C3%25ADfuga-Tubular-de-alta-calidad-para-62292511830.html?spm=a2706.amp_mult_detail.item_details#show_specifications
- Alibaba*. (s.f.). Obtenido de https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/80L-Fermenter-Aerobic-Compressor-Fermentation-Acetator-62381429310.html?spm=a2706.8168334.1998817009.35.be526e1ajwmkyD&__detailProductImg=%20%2F%2Fsc01.alicdn.com%2Fkf%2FHffc46fd642ba45f2901c32138178c9797.jpg_140x140
- Alibaba*. (s.f.). Obtenido de <https://m.spanish.alibaba.com/p-detail/1000L-2000L-Stainless-Steel-Beer-Fermenter-62440788798.html?s=p>
- Alibaba*. (s.f.). Obtenido de http://m.spanish.alibaba.com/p-detail/Fruta-de-clasificador-de-acero-inoxidable-60739389987.html?spm=a2706.amp_mult_detail.item_details#show_specifications
- Anaya Durand, A., & Pedroza Flores, H. (2008). Escalamiento, El Arte de la Ingeniería Química: Planta Piloto. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 32.
- Astimec*. (s.f.). Obtenido de <https://astimec.net/producto/llenadora-por-gravedad-manual/>
- Ayala, A., & Hurtado, D. (Noviembre de 2015). *Estructura Comercial*. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Banda, E. (2017). *Universidad Autónoma de San Luis Potosí*. Obtenido de Tabla Entalpías Estandar de Formación de Compuestos Orgánicos e Inorgánicos: <https://www.studocu.com/es-mx/document/universidad-autonoma-de-san-luis-potosi/fisicoquimica/apuntes/tabla-entalpias-estandar-formacion-compuestos-organicos-e-inorganicos/2592856/view>
- Baraona, M. y. (1991). *Fruticultura Especial*. EUNED.
- Cetotec*. (s.f.). Obtenido de <https://www.cetotec.com/en/vinegar-production-technology/vinegar-filtration/cross-flow-filter-for-vinegar-concentrate/>
- Díaz, H. L. (2001). Cultivo de Piña . *Guía Tecnológica* 7, 6.

- Douglas, J. (1968). *Conceptual Design of Chemical Processes*. Massachusetts: McGraw-Hill.
- El Nuevo Diario. (24 de Junio de 2012). *Producción de Piña sin Explotarse*. Obtenido de Produccion de Piña sin Explotarse: <https://www.elnuevodiario.com.ni/economia/255711-produccion-pina-explotarse/>
- Elvira, J. C. (8 de Enero de 2016). *SlideShare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/pirmex/catalogo-espaol-empaque-de-pia-fresca>
- FAO. (1991). *Conservación de Energía en Industrias*. FAO.
- FAO/OMS. (1987). *CODEX STAN 162-1987*. Roma: FAO.
- FAO/OMS. (1993). *CODEX STAN 182-1993*. Roma: FAO.
- Fonseca, V. (2015). *Dimensionamiento de Equipos y Servicios*.
- García, A. H. (s.f.). *PULEVA*. Recuperado 29 de Julio de 2019, de <https://www.lechepuleva.es/aprende-a-cuidarte/tu-alimentacion-de-la-a-z/p/pina>
- Hernández, A. (2003). *Microbiología Industrial*. San José, Costa Rica: EUNED.
- INATEC. (2018). *Cultivos de Frutales*. JICA.
- Ingemecanica*. (s.f.). Obtenido de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn84.html>
- Jiménez, G. (2014). Obtención de Vinagre a Partir de Piña Golden. *Informativa*, 4-7.
- Kesavan, R., Elanchezhian, C., & Vijaya Ramnath, B. (2009). *Process Planning and Cost Estimation*. New Delhi: New Age International Publishers.
- Lamus, M., & Aguilar, L. (2015). *Diseño de una Planta Compacta Industrial para Elaboracion de Refresco*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Max, P., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant Design and Economics For Chemical Engineers*. New York: McGraw Hill, Inc.
- Menchú, M. T., & Méndez, H. (2012). *Tabla de Composicion de Alimentos de Centroamérica*. Guatemala: INCAP.
- Moss, D. (2004). *Pressure vessel desing manual*. Elsevier.
- Ontiveros, J. F. (2013). *Operaciones Unitarias II*. Mérida: Universidad de los Andes.

- Paltrinieri, G., Figuerola, F., & Rojas, L. (1993). *Procesamiento de Frutas y Hortalizas Mediante Metodos Artesanales y de Pequeña Escala*. Santiago: FAO.
- Pasteleria*. (Febrero de 2000). Obtenido de Levadura:
<https://www.pasteleria.com/articulo/200002/1551-la-levadura>
- Peters, M., & Timmerhaus, K. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*. New York: McGraw-Hill, Inc.
- Picado, M. (2017). Escalamiento del Proceso de Obtencion de Queratina . 24.
- PND. (s.f.). *Fruit Processing Machinery*. Obtenido de <http://www.pndsr.it>
- Prada, D. (2015). *Obtencion de Vinagre Tipo Gourmet a Partir de la Fermentacion de Uchuva (Physalis Peruviana L.)*. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia.
- Sinnott, R., & Towler, G. (2013). *Chemical Engineering Design*. EEUU: ELSEVIER .
- Solieri, L., & Giudici, P. (2009). *Vinegars of the World*. Springer.
- Sumilleres, A. M. (2014). AMS. Recuperado 02 de Agosto de 2019 de,
<http://www.ams-sumilleresmadrid.com/wp-content/uploads/2014/05/El-vinagre.pdf>
- Torres, M. (29 de Noviembre de 2007). *Industria de Alimentos*. Obtenido de <https://alimentos.blogia.com/2007/112901-fermentaci-n-ac-tica.php>
- Ulrich, G. (1986). *Diseño y Economía de los Procesos de Ingeniería Química*.

IX. ANEXO

- A. Normas del Codex.
- B. Datos de Peso de la Piña en Prueba de Laboratorio.
- C. Cálculos del Dimensionamiento de los Equipos.
- D. Cálculos de Costos de Producción.

A. Normas del Codex.

NORMA DEL CODEX PARA LA PIÑA (CODEX STAN 182-1993)

1. DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Esta Norma se aplica a las variedades comerciales de piñas obtenidas de *Ananas comosus* (L.) Merr., de la familia *Bromeliaceae*, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen las piñas destinadas a la elaboración industrial.

2. DISPOSICIONES RELATIVAS A LA CALIDAD

2.1 REQUISITOS MÍNIMOS

En todas las categorías, a reserva de las disposiciones especiales para cada categoría y las tolerancias permitidas, las piñas deberán:

- estar enteras, con la corona o sin ella;
- estar sanas, y exentas de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptas para el consumo;
- estar limpias, y prácticamente exentas de cualquier materia extraña visible;
- estar prácticamente exentas de plagas que afecten al aspecto general del producto;
- estar prácticamente exentas de daños causados por plagas;
- estar exentas de humedad externa anormal, salvo la condensación consiguiente a su remoción de una cámara frigorífica;
- estar exentas de cualquier olor y/o sabor extraños;
- tener un aspecto fresco, incluidas en su caso las coronas, que deberán estar exentas de hojas muertas o secas;
- estar exentas de daños causados por bajas y/o altas temperaturas;
- estar exentas de manchas oscuras internas;
- estar exentas de manchas pronunciadas.

Cuando tengan pedúnculo, su longitud no deberá ser superior a 2,0 cm, y el corte deberá ser transversal, recto y limpio. El fruto deberá ser fisiológicamente maduro, es decir, no presentar señales de falta de madurez (opacidad, falta de sabor, pulpa demasiado porosa¹) o de madurez excesiva (pulpa demasiado traslúcida o fermentada).

2.1.1 Las piñas deberán haber alcanzado un grado apropiado de desarrollo y madurez, de conformidad con los criterios peculiares de la variedad y/o tipo comercial y la zona en que se producen.

El desarrollo y condición de las piñas deberán ser tales que les permitan: soportar el transporte y la manipulación; y llegar en estado satisfactorio al lugar de destino.

2.1.2 Requisitos de Madurez

El contenido mínimo de sólidos solubles totales en la pulpa del fruto deberá ser, como mínimo, de 12°Brix (doce grados Brix). Para la determinación de los grados Brix deberá tomarse una muestra representativa del zumo (jugo) del fruto entero.

2.2 CLASIFICACIÓN

Las piñas se clasifican en tres categorías, según se definen a continuación:

2.2.1 Categoría “Extra”

Las piñas de esta categoría deberán ser de calidad superior y característica de la variedad y/o tipo comercial. No deberán tener defectos, salvo defectos superficiales muy leves siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase.

La corona deberá ser, en su caso, simple y recta, sin brotes, y su longitud deberá variar entre el 50 y el 150% de la longitud del fruto, en el caso de las piñas en que no se haya recortado¹ la corona.

2.2.2 Categoría I

Las piñas de esta categoría deberán ser de buena calidad y características de la variedad y/o tipo comercial. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten al aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase:

- defectos leves de forma;
- defectos leves de coloración, incluyendo manchas producidas por el sol;
- defectos leves de la cáscara (es decir, rasguños, cicatrices, raspaduras y manchas) que no superen el 4% de la superficie total.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

La corona deberá ser, en su caso, simple y recta o ligeramente curva, sin brotes, y su longitud deberá variar entre el 50 y el 150% de la longitud del fruto, en el caso de las piñas en que se haya recortado³ o no la corona.

2.2.3 Categoría II

1 Excepto en ciertas variedades como las del Grupo Reina. 1 El recortado consiste en entresacar algunas hojas de la parte superior de la corona. 3 Como las variedades Victoria y Reina.

Esta categoría comprende las piñas que no pueden clasificarse en las categorías superiores, pero satisfacen los requisitos mínimos especificados en la Sección 2.1. Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos, siempre y cuando las piñas conserven sus características esenciales en lo que respecta a su calidad, estado de conservación y presentación:

- defectos de forma;
- defectos de coloración, incluyendo manchas producidas por el sol;
- defectos de la cáscara (es decir, rasguños, cicatrices, raspaduras, magulladuras y manchas) que no superen el 8% de la superficie total.

En ningún caso los defectos deberán afectar a la pulpa del fruto.

La corona deberá ser, en su caso, simple o doble y recta o ligeramente curva, sin brotes.

**NORMA DEL CODEX PARA EL VINAGRE.
CODEX-STAN-162-1987.
(NORMA REGIONAL EUROPEA).**

1. ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Norma se aplica a los productos definidos más adelante en la Sección 2.1.

2. DESCRIPCIÓN

2.1 Definición del producto

2.1.1 El **vinagre** es un líquido, apto para el consumo humano, producido exclusivamente con productos idóneos que contengan almidón o azúcares, o almidón y azúcares por el procedimiento de doble fermentación, alcohólica y acética, tal como se define más detalladamente en las subsecciones 2.1.1.1 a 2.1.1.8. El vinagre contiene una cantidad especificada de ácido acético. El vinagre puede contener ingredientes facultativos, según se indica en la Sección 3.2.

2.1.1.1 El **vinagre de vino** es el vinagre obtenido del vino por fermentación acética, salvo que en las materias primas podrá superarse el nivel máximo de ácidos volátiles.

2.1.1.2 Los **vinagre de fruta (vino), vinagre de baya (vino), vinagre de sidra**, son vinagres obtenidos por fermentación acética del vino de frutas o del de bayas o de la sidra, salvo que en las materias primas podrá superarse el nivel máximo de ácidos volátiles. Los productos pueden obtenerse también de las frutas por el procedimiento definido en la subsección 2.1.1.

2.1.1.3 El **vinagre del alcohol** es el vinagre obtenido por fermentación acética de alcohol destilado.

2.1.1.4 El **vinagre de grano** es el vinagre obtenido, sin destilación intermedia por el procedimiento definido en la subsección 2.1.1, de cualquier cereal en grano, cuyo almidón se ha convertido en azúcares mediante un procedimiento distinto del de sólo la diastasa de la cebada malteada.

2.1.1.5 El **vinagre de malta** es el vinagre obtenido, sin destilación intermedia por el procedimiento definido en la subsección 2.1.1, a partir de la cebada malteada, con o sin adición de cereales en grano cuyo almidón se ha convertido en azúcares únicamente mediante la diastasa de la cebada malteada.

2.1.1.6 El **vinagre de malta destilado** es el vinagre obtenido del producido por destilación del vinagre de malta definido en la precedente subsección 2.1.1.5, a presión reducida. Contiene solamente los constituyentes volátiles del vinagre de malta del que deriva.

2.1.1.7 El **vinagre de suero** es un vinagre obtenido del suero, sin destilación intermedia, por el procedimiento definido en la subsección 2.1.1.

2.1.1.7.1.1.1.1.1 El **vinagre de miel** es un vinagre obtenido de la miel, sin destilación intermedia, por el procedimiento definido en la subsección 2.1.1.

B. Datos de Peso de la Piña en Prueba de Laboratorio.

Nº Piña	ºBrix	Peso	Peso Cáscara	Peso Pulpa
1	12	848.02	319.40	528.62
2	13	848.07	320.60	527.47
3	12	848.60	320.50	528.10
4	13	849.00	320.50	528.50
5	12	848.05	319.40	528.65
6	12	848.04	319.60	528.44
TOTAL	74	5090	1920	3170
PROMEDIO	12	848	320	

C. Cálculos del Dimensionamiento de los Equipos.

- **Cálculos del diseño de una cinta transportadora.**

A continuación, se mostrará cómo realizar los cálculos necesarios para el diseño de una cinta transportadora, haciendo uso de las correspondientes tablas

Datos iniciales de diseño.

- J. Material de transporte: **piña**
- K. Longitud de la banda (L, en m): **40 m**
- L. Inclinación de la cinta (φ en $^\circ$): **10 $^\circ$**
- M. Altura alcanzada por la cinta, H: **7 m**
- N. Ancho de banda disponible (B, en mm): **B: 400mm**
- O. Velocidad de avance de la cinta (v, en m/s): **0.8 m/s**

Cálculo del área de la sección transversal del material transportado.

La sección transversal (A) del material que simula a la sección real que forma el material se puede calcular sumando la sección trapezoidal y triangular de la figura anterior:

$$A = A_1 + A_2$$

Donde,

$$A_1 = 0,25 \tan(\beta) [l + (b - l) (\cos(\lambda))]^2$$

$$A_2 = l_1 \operatorname{sen}(\lambda) [l + l_1 (\cos(\lambda))]$$

Siendo,

$$b = 0,9 (B - 0,05)$$

$$l_1 = 0,5 (b - l)$$

Donde,

β es el ángulo de sobrecarga ($^\circ$) = 25°

λ es el ángulo de artesa en que se disponen los rodillos ($^\circ$) = 10°

l es la longitud de los rodillos (m) = 0.18 m

B es el ancho de banda de la cinta (m) = 0.4 m

Resolviendo:

$$b = 0,9 (0.4 \text{ m} - 0,05) = 0.315 \text{ m}$$

$$l_1 = 0,5 (0.315\text{m} - 0.18 \text{ m}) = 0.0675 \text{ m}$$

$$A_1 = 0,25 \tan (25) [l + (b - l) (\cos (10))]^2$$

$$A_1 = 0,25 \tan (25) [0.18 \text{ m} + (0.315 \text{ m} - 0.18 \text{ m}) (\cos (10))]^2$$

$$A_1 = 0.11 [(0.315\text{m}) (0.98)]^2$$

$$A_1 = (0.11) (0.09 \text{ m})$$

$$A_1 = 0.0099 \text{ m}^2$$

$$A_2 = l_1 \text{ sen } (10) [l + l_1 (\cos(10))]]$$

$$A_2 = (0.0675\text{m}) \text{ sen } (10) [0.18\text{m} + 0.0675\text{m} (\cos(10))]$$

$$A_2 = 0.01\text{m} [(0.24\text{m}) (0.98)]$$

$$A_2 = 0.01\text{m} (0.23\text{m})$$

$$A_2 = 0.0023\text{m}^2$$

$$A = A_1 + A_2$$

$$A = 0.0099 \text{ m}^2 + 0.0023\text{m}^2$$

$$A = 0.0122 \text{ m}^2$$

Capacidad volumétrica de transporte de una banda:

$$Q_v = 3600 \cdot v \cdot A \cdot k$$

v Velocidad de avance de la banda (m/s): **0.8 m/s**

A Área transversal del material transportado por la banda (m²): **0.0122 m²**

k: Coeficiente de reducción de la capacidad de transporte de la cinta por su inclinación.

Si la cinta transportadora está inclinada, ya sea de forma ascendente o descendente, se le debe aplicar este factor de reducción del área transversal del material transportado.

Este coeficiente se puede calcular aplicando la siguiente expresión:

$$K = 1 - 1,64 \left(\frac{\varphi\pi}{180} \right)^2$$

Donde,

φ es el ángulo de inclinación de la cinta (°): **10°**

Sustituyendo

$$K = 1 - 1,64 \left(\frac{(10)(3.14)}{180} \right)^2$$

$$K = 1 - 1,64 \left(\frac{31.4}{180} \right)^2$$

$$K = 1 - 1,64(0.17)^2$$

$$K = 1 - 1,64(0.02)$$

$$K = 1 - 0.03$$

$$K = 0.97$$

Por tanto

$$Q_v = 3600 (v)(A)(k)$$

$$Q_v = 3600 (0.8) (0.0122) (0.97)$$

$$Q_v = 34.08m^3/h$$

Para el cálculo de la capacidad de transporte en masa (Q_m) es necesario conocer el peso específico (γ) del material transportado por la cinta.

$$Q_m = Q_v \cdot \gamma$$

$$Q_m = (34.08m^3/h) (7.25Kg/m^3)$$

$$Q_m = 247.08 \text{ Kg/h}$$

Potencia de la banda.

La potencia total de accionamiento de una cinta transportadora resulta ser la suma de las tres potencias parciales que se enumeran a continuación:

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

Potencia necesaria para mover la cinta en vacío y cargada con desplazamiento horizontal de la cinta (P1).

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

$$P_1 = \frac{C_b v + Q_m}{C_l K_f}$$

Donde,

C_b es el factor de anchura de la banda = **54**

v es la velocidad de avance de la banda (m/s) = **0.8 m/s**

Q_m es la capacidad de transporte en masa de la banda (Kg/h) = **247.08 Kg/h**

C_l es el factor de longitud de la banda (m^{-1}) = **192**

K_f es el factor de servicio (-) = **1**

$$P_1 = \frac{(54)(0.8) + 247.08}{(192)(1)}$$

$$P_1 = 1.51 \text{ Kw}$$

Potencia necesaria para elevar la carga hasta una cierta altura (P2).

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

$$P_2 = \frac{H Q_m}{367}$$

Donde,

H es la altura que alcanza la banda transportadora (m)

La altura (H) que alcanza el extremo de la cinta se calcula a partir de la longitud (L) de la cinta y su inclinación (φ) mediante la expresión siguiente:

$$H = L \text{ sen}(\varphi)$$

$$H = 40\text{m} \cdot \sin(10)$$

$$H = 6.94 \text{ m}$$

Q_m es la capacidad de transporte en masa de la banda (Kg/h) = **247.08 Kg/h**

$$P2 = \frac{H Q_m}{367}$$

$$P2 = \frac{(6.24)(247.08)}{367}$$

$$P2 = 4.67 \text{ Kw}$$

Potencia necesaria para vencer rozamientos de elementos auxiliares, dispositivos de limpieza y guías (P3).

Para el cálculo de esta potencia se puede emplear la siguiente fórmula de cálculo:

$$P3 = Pa + Pb + Pc$$

Donde,

P_a es la potencia debida a los trippers (kw) = 0 (no ha instalados)

P_b es la potencia debida a los dispositivos de limpieza (kw) = 0,3 (B) (v) = 0.09 Kw

P_c es la potencia debida a las guías y faldones instalados (kw) = 0,16 (v) (Lf) = 0.48 Kw

Siendo $L_f = 3,75$ m la longitud de los faldones instalados.

$$P3 = Pa + Pb + Pc$$

$$P3 = 0 + 0.09 + 0.48$$

$$P3 = 0.57 \text{ Kw}$$

Por tanto:

La potencia total (P_T) de accionamiento de una cinta transportadora

$$P_T = P1 + P2 + P3$$

$$P_T = 1.51\text{Kw} + 4.67\text{Kw} + 0.57 \text{ Kw}$$

$$P_T = 6.75 \text{ Kw}$$

- Cálculos del diseño de una peladora y cortadora.

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una peladora.

Dimensiones de la piña.

	Perímetro (cm)	Alto (cm)	Radio (cm)	Diámetro (cm)	Profundidad de ojos (cm)	Ø Corazón (cm)
1	40	17	6,36	12,73	1,13	2,73
2	39	14,2	6,20	12,41	1,28	2,97
3	42	21	6,68	13,36	1,12	2,98
4	42	15,3	6,68	13,36	0,98	2,72
5	42,5	20,4	6.76	13,52	0,93	2,66
6	40,4	14,8	6,42	12,85	1,35	3,21
7	41	17	6,52	13,05	0,91	2,87
8	40	14,9	6,36	12,73	0,85	3,58
X	40.86	16.82	6.49	13.00	1.06	2.96

De los resultados obtenidos en el promedio, resulta:

Alto = 16.82 cm

Diámetro medio = 13.00 cm

Diámetro del corazón = 2.96 cm

Profundidad de ojos = 1.06 cm



Diámetro del cilindro.

$$D = 13.00 \text{ cm} - (1.06 \text{ cm} \times 2)$$

$$D = 10.88 \text{ cm} = 108.8 \text{ mm}$$

Cálculos de la Potencia del motor.

Partiendo de una investigación acerca de algunas máquinas que se encuentran en la industria para el corte de alimentos tales como las cortadores de jamón, carnes frías, queso, verduras, embutidos entre otros. Estos tipos de máquinas realizan un corte mediante un cuchilla circular que gira entre 430 y 600 RPM, calculando la media la RPM que utilizaremos es 515

$$P = T \omega$$

$$\omega = \frac{\pi [RPM]}{30} = \frac{\pi [515]}{30} = 53.93 \text{ rad/s}$$

$$T = m g r = (927.5)(9.8)(0.1088) = 988.93 \text{ Nm}$$

$$P = (988.93)(53.93) = 53,332.08 \text{ w} \approx 53.332 \text{ kw}$$

Corriente del motor.

$$I = \frac{P}{V} = \frac{53.332}{110} = 0.48 \text{ A}$$

- **Cálculos del diseño de una trituradora.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una trituradora.

Capacidad.

Se determina con la siguiente ecuación

$$C = Q \frac{t_r}{60}$$

C capacidad

Q flujo volumétrico en = 578 kg/h

Tr: tiempo de residencia en min = 2 min

$$C = 578 \frac{2}{60}$$

$$C = 19 \text{ kg}$$

Potencia.

La potencia requerida se calcula con la siguiente ecuación

$$P = 1.46(Tm)(Wi) \left(\frac{1}{d_p^{0.5}} - \frac{1}{d_r^{0.5}} \right)$$

Donde,

P = potencia, hp

Tm capacidad del triturador, ton = 0.019 ton

Wi = índice de trabajo, kwh/ton = 13.8

dp = tamaño del producto, ft = 0.006

dr = tamaño de la alimentación, ft = 0.06

El índice de trabajo es la energía total necesaria para reducir la alimentación a un tamaño tal que el 80% del producto pueda pasar por una pantalla de 100 micras

Tasa de reducción = 4

Índice de trabajo = 13.8 kwh/ton

$$P = 1.46(0.019)(13.8) \left(\frac{1}{0.006^{0.5}} - \frac{1}{0.06^{0.5}} \right)$$

$$P = 1.46(0.26)(12.90 - 4.08)$$

$$P = 0.38 \text{ (8.82)}$$

$$P = 3.35 \text{ hp} \rightarrow 2.49 \text{ kW}$$

- **Cálculos del diseño de un filtrador.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de un filtro.

Volumen de la torta.

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

Donde:

V_c Volumen de la torta (m^3)

M_c Masa de la torta (kg) = 4315

ρ_c Densidad de la torta (kg/m^3) = 740

Por tanto,

$$V_c = \frac{m_c}{\rho_c}$$

$$V_c = \frac{4315}{740}$$

$$V_c = 5.83 \text{ m}^3$$

Potencia del filtro.

$$\frac{\Delta P}{\rho} + g\Delta z + \frac{\Delta v^2}{2g} = Q - W_s$$

$$g\Delta z = 0, \text{ horizontal} \quad \frac{\Delta v^2}{2g} = 0, \text{ flujo constante} \quad Q=0, \text{ despreciable}$$

$$\frac{\Delta P}{\rho} = -W_s$$

- **Cálculos del diseño de tanque de fermentación.**

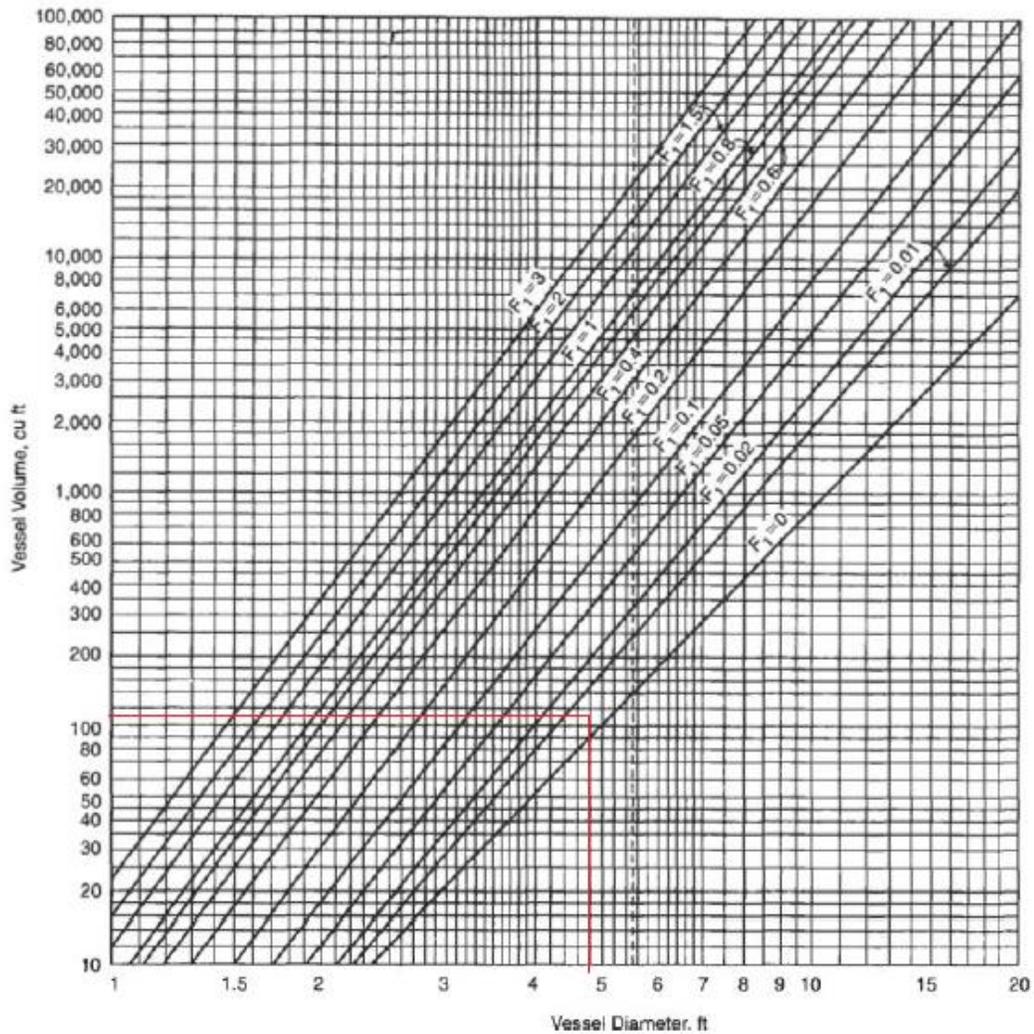
Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de un tanque.

El diámetro del tanque se determina de la siguiente manera:

$$F = \frac{P}{CSE}$$

$$F = \frac{16.68 \text{ lb/pulg}^2}{(0.077 \text{ pulg}) \left(35000 \frac{\text{lb}}{\text{pulg}^2} \right) (0.85)}$$

$$F = 0.0073$$



$$D_i = 4.8 \text{ pies} \rightarrow 1,463 \text{ mm}$$

El volumen del fondo toriesférico se determina de la siguiente ecuación:

$$V_f = 0.1D_i^3$$

$$V_f = 0.1(4.8 \text{ pie})^3$$

$$V_f = 11.06 \text{ pie}^3$$

La altura del fondo toriesférico se calcula de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}V_{cc} &= V_D - V_f \\V_{cc} &= 123.60 \text{ pie}^3 - 11.06 \text{ pie}^3 \\V_{cc} &= 112.54 \text{ pie}^3\end{aligned}$$

$$L_{cc} = \frac{4V_{cc}}{\pi D_i^2}$$

$$\begin{aligned}L_{cc} &= \frac{4(112.54 \text{ pie}^3)}{\pi(4.8 \text{ pie})^2} \\L_{cc} &= 6.2 \text{ pie}\end{aligned}$$

- **Cálculos del diseño de una clarificadora.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una clarificadora.

Calculo del Volumen del tanque.

$$V_{tanque} = m_e + (m_e f_s)$$

$$V_{tanque} = 2.67162 \text{ m}^3 + [(2.67162 \text{ m}^3)(0.15)]$$

$$V_{tanque} = 3.0723 \text{ m}^3$$

Cálculo del diámetro.

$$D = \left[\frac{(4)(V_{tanque})}{(1.5)(\pi)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{(4)(3.0723)}{(1.5)(\pi)} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = 1.37 \text{ m}$$

Cálculo de la altura.

$$h = 1.5 D$$

$$h = (1.5)(1.37)$$

$$h = 2.055 \text{ m}$$

Cálculo de las dimensiones de la sección cónica.

$$\text{cateto opuesto (Hcono)} = (\text{Tan } \beta) (\text{cateto adyacente (r)})$$

$$\text{cateto opuesto (Hcono)} = (\text{Tan } (0.785)) \left(\frac{1.37}{2} \right)$$

$$\text{cateto opuesto (Hcono)} = 0.01 \text{ m}$$

Cálculo del volumen de la sección cónica.

$$V_{\text{cono}} = \frac{\pi (0.685)^2 (0.01)}{3}$$

$$V_{\text{cono}} = 0.005 \text{ m}^3$$

Cálculo del volumen total del cilindro.

$$V_{\text{cilindro}} = 3.0723 - 0.005$$

$$V_{\text{cilindro}} = 3.0674 \text{ m}^3$$

Cálculo de la altura del cilindro.

$$H_{\text{cilindro}} = \frac{(4) (3.0674)}{\pi (1.37)^2}$$

$$H_{\text{cilindro}} = 2.08 \text{ m}$$

Cálculo de la altura del tanque clarificador.

$$H_{\text{tanque clarificador}} = 2.08 + 0.01$$

$$H_{\text{tanque clarificador}} = 2.09 \text{ m}$$

- **Cálculos del diseño de una envasadora.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una envasadora.

Capacidad.

$$C = \text{produccion anual} * \text{produccion de envases en 1 litro}$$

$$C = 535,500 \frac{\text{L}}{\text{año}} * 2 \frac{\text{bot}}{\text{L}}$$

$$C = 1071,000 \text{ bot/año}$$

Para determinar el tiempo que se labora en el envasado se tomó en cuenta los días festivos, ya que no se laborara los sábados y domingos

$$\text{dias laborables} = \text{dias del año} - \text{sabados} - \text{domingos} - \text{dias festivos}$$

$$\text{dias laborables} = 365 - 52 - 52 - 21$$

$$\text{dias laborables} = 240 \text{ dias/año}$$

La cantidad de envases que se producirán diarios será:

$$\text{envases diarios} = \frac{1071,000}{240}$$

$$\text{envases diarios} = 4,462.5$$

La planta trabajara 8 horas diarias por tanto la cantidad de envases diarios por hora será:

$$\text{envases diarios por hora} = \frac{\text{cantidad de envases diarios}}{\text{horas laborables diarias}}$$

$$\text{envases diarios por hora} = \frac{4,462.5}{8}$$

$$\text{envases diarios por hora} = 557$$

Tiempo de ciclo.

En cada ciclo se llenaran 2 envases a la vez

$$T = \frac{60 \text{ segundos}}{\# \text{ de ciclos}}$$

$$T = \frac{60 \text{ segundos}}{5 \text{ de ciclos}} = 12 \text{ seg/ciclo}$$

$$\text{envases por minuto} = (\# \text{ de envases a llenar en simultaneo})(\text{ciclos})$$

$$\text{envases por minuto} = (2)(5) = 10$$

- **Cálculos del diseño de tuberías.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de tuberías.

Calculo del Diámetro nominal.

$$D_{int.opt} = 3.9 q_f^{0.45} \rho^{0.13}$$

Datos para el cálculo del diámetro óptimo

	Fluido	$q_f^{0.45}$ (ft ³ /s)	$\rho^{0.13}$ (lb/ft ³)	$D_{int.opt}$ (pulg)
L4	Jugo de piña	0.0706	46.1966	1.9472
L5	Jugo de piña	0.0035	46.1966	0.5038
L6	Jugo de piña	0.0035	46.1966	0.5038
L7	Jugo de piña	0.0032	46.1966	0.4839
L8	Vinagre de piña	0.0032	62.428	0.5032
L9	Vinagre de piña	0.0027	62.428	0.4662

Cálculo de Pérdidas de carga.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \text{ (m)}$$

$$f = \left(\frac{\varepsilon}{D}\right), \varepsilon = 0.05 \text{ mm} \approx 5e^{-5} \text{ m}$$

$$v = \frac{4}{\pi D^2} S$$

S: tensión admisible del material. Para 304L es 13400 psi y para 316L es 13300 psi

Datos para el cálculo de la pérdida de carga

	f (m)	L (m)	v (m/s)	$D_{int.opt}$ (m)	g (m/s ²)	h_f (m)
L4	0.0010	4	0.0389	0.0494	9.8	$6.2e^{-6}$
L5	0.0039	4	0.5891	0.0127	9.8	0.0217
L6	0.0039	4	0.5891	0.0127	9.8	0.0217
L7	0.0040	4	0.6384	0.0122	9.8	0.0272
L8	0.0039	4	0.5935	0.0127	9.8	0.0220
L9	0.0042	4	0.6875	0.0118	9.8	0.0343

• **Cálculos del diseño de una bomba.**

Procedimiento de cálculo de los parámetros de diseño de una bomba.

Altura útil.

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + \sum h_f$$

Donde

P_1 y $P_2 = 101300 \text{ Pa}$ ($3,5 \text{ Kg/cm}^2$)

$$H = (z_2 - z_1) + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + h_f$$

Donde

Tomando la situación más desfavorable, esto es que el depósito este prácticamente vacío, por lo cual, $Z_1 = 1.5 \text{ m}$

Datos para el cálculo de la altura.

	Z_2 (m)	Z_1 (m)	V_2 (m/s)	V_1 (m/s)	g (m/s ²)	h_f (m)	H (m)
L4	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	6.2×10^{-6}	4.27
L5	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	0.0217	4.29
L6	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	0.0217	4.29
L7	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	0.0272	4.30
L8	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	0.0220	4.29
L9	3.5	1.5	6.68	1.79×10^{-4}	9.8	0.0343	4.31

Altura útil y fluido que impulsa cada bomba.

	Fluido	H (m)
L4	Jugo de piña	4.27
L5	Jugo de piña	4.29
L6	Jugo de piña	4.29
L7	Jugo de piña	4.30
L8	Vinagre de piña	4.29
L9	Vinagre de piña	4.31

- Potencia**

$$W = Q \rho g H$$

Cálculo de la potencia para las distintas bombas.

		Q (m ³ /s)	ρ (Kg/m ³)	g (m/s ²)	H (m)	W (w)	W (kW)
L4	Jugo de piña	0.0020	740	9.8	4.27	61.93	0.0619
L5	Jugo de piña	0.0001	740	9.8	4.29	3.111	0.0031
L6	Jugo de piña	0.0001	740	9.8	4.29	3.111	0.0031
L7	Jugo de piña	9.28×10^{-5}	740	9.8	4.30	2.893	0.0028
L8	Vinagre de piña	9.28×10^{-5}	1005.6	9.8	4.29	3.923	0.0039
L9	Vinagre de piña	7.79×10^{-5}	1005.6	9.8	4.31	3.308	0.0033

D. Cálculos de Costos de Producción.

- **Capital Fijo Total.**

La inversión en equipos y auxiliares para el proceso productivo es la siguiente:

Equipo	Unidad	Costo (U\$)	Observación
Transportadora de Rodillos Metálicos	1	10,015.25	Equipo internacional. Requiere instalación.
Tanque de lavado	1	908.77	Equipo internacional. No requiere instalación.
Peladora	1	2,138.13	Equipo internacional. No requiere instalación.
Cortadora	1	1,924.63	Equipo internacional. No requiere instalación.
Triturador y Filtrador	1	8,012.19	Equipo internacional. No requiere instalación.
Fermentador Alcohólico	1	16,200.00	Equipo internacional. Requiere instalación.
Filtradora	1	2,677.93	Equipo internacional. No requiere instalación.
Fermentador Acético	1	14,900.00	Equipo internacional. Requiere instalación.
Clarificador	1	7,010.66	Equipo internacional. No requiere instalación.
Envasadora	1	76,112.73	Equipo internacional. No requiere instalación.
Bombas	6	421.32	Equipo internacional. No requiere instalación.
TOTAL (U\$)	16	139,900.29	

De acuerdo con lo anterior, el proceso requiere un total de 16 equipos y auxiliares para su adecuada operación, esto equivale a U\$ 139,900.29.

- **Inversión Fija Total.**

En la siguiente tabla se presenta la inversión fija total.

Concepto	Porcentaje Estimado	Costo Estimado (U\$)
COSTOS DIRECTOS		
Costo Equipos y Auxiliares	100%	139,900.29
Costo CIF	10%	13,990.03
SUBTOTAL		153,890.32
Costo Instalación	47%	72,328.45
Costo Instrumentos y Control	36%	55,400.51
Costo Tubería y Accesorios	68%	104,645.42
Costo Instalación Eléctrica	11%	16,927.94
Costo Edificios	18%	27,700.26
Costo Mejoras del Terreno	10%	15,389.03
Costo Servicio	70%	107,723.22
TOTAL COSTOS DIRECTOS		554,005.15
COSTOS INDIRECTOS		
Costo Ingeniería y Supervisión	33%	50,783.81
Costo Construcción	41%	63,095.03
Costo Seguros e Impuestos de Construcción	3%	4,616.71
Costo Honorarios de los Contratistas	22%	33,855.87
Gastos Imprevistos	44%	67,711.74
TOTAL COSTOS INDIRECTOS		220,063.16
INVERSIÓN DE CAPITAL FIJO (U\$)		774,068.30

Se estima una inversión de capital fijo de U\$ 774,068.30.

- **Costo de Materia Prima e Insumos.**

El costo de materia prima e insumos, se presentan a continuación:

Concepto	Precio	Unidad	Observación
Piña	0.88	U\$/Piña	Mercado Ticuantepe
Levadura (<i>Saccharomyces Cerevisiae</i>)	9.80	U\$/kg	Distribuidora Jirón
Botellas PET 500ml	0.16	U\$/unid	Plásticos de Nicaragua

Del balance de materia y energía, se realizaron las siguientes estimaciones. El costo de materia prima e insumos, se presenta a continuación:

Concepto	Consumo Anual	Unidad	Costo Anual (U\$)
Piña	2100,000.00	piña/año	1848,000.00
Levadura (Saccharomyces Cerevisiae)	1,260.00	kg/año	12,348.00
Botellas PET 500ml	1071,000.00	unid/año	171,360.00
TOTAL			2031,708.00

Se estima un costo total anual en materia prima e insumos de U\$ 2, 031,708.00.

- **Costo de Mano de Obra y Beneficios Sociales.**

En la tabla se presentan los costos relacionados a mano de obra y beneficios sociales según la ley.

Personal	Cantidad	Salario Bruto Mensual (U\$)	Salario Bruto Anual (U\$)	INSS + INATEC (21.5% + 2%)	Aguinaldo	Costo Total Anual (U\$)
Jefe de Producción	1	550.00	6,600.00	1,551.00	550.00	8,701.00
Supervisor de Producción	1	400.00	4,800.00	1,128.00	400.00	6,328.00
Subtotal MOI	2	950.00	11,400.00	2,679.00	950.00	15,029.00
Operarios de producción	19	3,990.00	47,880.00	11,251.80	3,990.00	63,121.80
Responsable de Mantenimiento	1	300.00	3,600.00	846.00	300.00	4,746.00
Subtotal MOD	20	4,290.00	51,480.00	12,097.80	4,290.00	67,867.80
Total	22	5,240.00	62,880.00	14,776.80	5,240.00	82,896.80

En la tabla se presenta el nivel de educación que debe tener cada uno de los trabajadores que están involucrados en el proceso productivo.

Personal	Cantidad	Nivel de educación
Jefe de Producción	1	Ingeniero
Supervisor de Producción	1	Ingeniero
Subtotal MOI	2	
Recepción y selección	5	Bachillerato
Lavado	1	Bachillerato
Pelado y corte	4	Bachillerato
Licuadao	1	Bachillerato
Filtrado	2	Bachillerato
Fermentación alcohólica	1	Bachillerato
Fermentación acética	1	Bachillerato
Clarificado	2	Bachillerato
envasado	2	Bachillerato
Operarios de producción	19	
Responsable de Mantenimiento	1	Ingeniero
Subtotal MOD	20	
Total	22	