

Universidad de Matanzas
Facultad de Ciencias Técnicas



*Propuesta preliminar de una mini-industria
para el proceso de concentrado de tomate en el
municipio de Unión de Reyes.*

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Químico

Autor: Idielim Bravo Torres

*Tutores: Ing. Heydi Liliet Rivero Gutiérrez
DrC. Jesús D. Luis Orozco*

Matanzas, 2018

Nota de aceptación.

Presidente del Tribunal

Tribunal

Tribunal

Declaración de autoridad

Yo, Idielim Bravo Torres, declaro ser la única autora de este trabajo de diploma que lleva como título: Propuesta de diseño preliminar de una pequeña y mediana empresa para el proceso de concentrado de tomate en el municipio de Unión de Reyes, que pertenece íntegramente a la Facultad de Ciencias Técnicas de la Universidad de Matanzas como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Químico. Autorizo a hacer uso del mismo sea empleado como material de consulta por la mencionada institución académica. Para que así conste, debajo firma:

Firma

“El científico explora lo que existe y el ingeniero crea lo que nunca ha existido”.

Theodore Von Karman.

A mi hermana.

A mis padres.

Agradecimientos

- A mi papá Humbertico, que, aunque la vida no le dio la posibilidad de estar físicamente apoyándome, sé que donde quiera que esté es quien me guía y protege. Gracias por ser mi papito, estoy muy orgullosa de que lo seas y quiero que sepas que te quiero mucho y así será por toda la vida. Papi, tu Tito se convierte en una profesional, tal como siempre deseaste.
- A mi mami Mileidi, por su amor, su sacrificio, mil gracias por ser mi mami. Eres mi mayor tesoro, mi ejemplo de lucha, de mujer y de madre. Te quiero con todo el corazón, y deseo que siempre te sientas orgullosa de mí, así como yo vivo orgullosa de ti, de ser tu Dindina y tu amiga como me dices.
- A mi hermana Idelys por ser todo para mí, la persona a quien más quiero.
- A mis abuelitos Mame y Pape por esperar siempre lo mejor de mí.
- A Yunier por su apoyo y poder contar con él.
- A mi tutora Heydi, más que mi profesora se convirtió en una muy buena amiga que me apoya y ayuda. Muchas gracias por su tiempo y su paciencia.
- A Adrian, Gracias por ser tú y por elegirme a mí para compartir un futuro juntos.
- Muchas gracias a todos ustedes y a todas las demás personas de mi familia, por su ayuda, su apoyo y su cariño.

La universidad me abrió las puertas a un nuevo mundo y fue en este lugar donde mi vida cambio para siempre.

- A Leydet, Pupi, Maybel, Yanay, Ilianys, Daniela y La Flaca, por ser mis amigas, mis compañeras de estudios, quienes me escuchan y me aconsejan, por su preocupación y ayuda, por su cariño, su apoyo, su tiempo dedicado, por los momentos que vivimos juntos, por aceptarme tal como soy, gracias por estar siempre.
- Por lo especial que ha sido conmigo, por su apoyo, su ayuda, su comprensión, por hacerme más fácil la universidad y la vida. Gracias por estar siempre ahí para mí, por todo lo vivido. Gracias por todo.

- A Alejandro por sus desvelos, su preocupación y su total ayuda para realizar esta tesis.
- Al profesor Orozco por la confianza que depositó en mí.
- Al profesor Quiza por su apoyo y ayuda.
- A mis profesores de la universidad, que marcaron mi carrera, me siento muy orgullosa de haber tenido a unos maestros tan abnegados y sacrificados.
- A mis compañeros de aula.

Han sido 5 años inolvidables en la universidad, años en los que además de aprender una profesión, aprendí lo importante que es amar lo que uno hace en la vida y yo amo mi carrera, amo la Ingeniería Química.

Resumen

En la presente investigación se desarrolla el diseño preliminar del caso base de una pequeña y mediana empresa (PyME) para la producción de concentrado de tomate en el municipio de Unión de Reyes. Para la realización de este trabajo se definieron las PyMEs en Cuba y en el mundo. El diseño de este nuevo proceso se basa en un procedimiento a partir de la experiencia y la literatura acerca de este tipo de industria. Para ello se llevó a cabo un levantamiento de los volúmenes pico de producción de tomate en el municipio para definir la capacidad de la planta. Se determinó que el proceso sería discontinuo, se construyó un diagrama de flujo detallado del nuevo proceso productivo y se realizó la descripción del mismo, especificando los parámetros de calidad de las materias primas y del producto final. Se determinaron las corrientes del proceso y se definieron las capacidades de los equipos a partir de los balances de masa en las distintas etapas, así como el consumo de vapor de la planta por medio de balances energéticos. También se establecieron las variables fundamentales a ser controladas durante el proceso y se seleccionaron los equipos que conforman la instalación, para un costo total de inversión de 192 865,20 CUP.

Summary

In the present investigation the preliminary design of the base case of a small and medium-sized company (SME) for the production of tomato concentrate in the municipality of Unión de Reyes is developed. To carry out this work, it was defined the SMEs in Cuba and in the world. The design of this new process is based on a methodology based on experience and literature about this type of industry. To this end, a survey was carried out of the peak volumes of tomato production in the municipality to define the capacity of the plant. It was determined that the process would be discontinuous, a detailed flow diagram of the new production process was constructed and the description of it was made, specifying the quality parameters of the raw materials and the final product. The mass balances were carried out in the different stages in order to determine the currents of the process and define the capacities of the equipment, as well as the energy balances to know the steam consumption of the plant. The fundamental variables to be controlled during the process were also established and the equipment that makes up the installation was selected. It was determined that the investment cost of the plant is 192 865.20 CUP.

Indice

Introducción	1
Capítulo I: Análisis bibliográfico	4
1.1 Definiciones acerca de las PyMEs.....	4
1.1.1 Definiciones en el mundo.....	4
1.1.2 Definiciones en Cuba.....	7
1.2 Características que identifican a las PyMEs.....	7
1.3 Importancia de las mini-industrias.....	9
1.4 Ventajas e inconvenientes de las PyMEs.....	10
1.5 PyMEs asociadas a productos agrícolas.....	12
1.5.1 Problemas que enfrentan las PyMEs agrícolas en el desarrollo económico.....	13
1.5.2 PyMEs en Cuba asociadas a productos agrícolas.....	14
1.5.2.1 Principales deficiencias.....	15
1.6 PyMEs procesadoras de tomate.....	15
1.6.1 Origen y volumen de producción del tomate.....	16
1.6.2 Importancia del proceso del tomate.....	16
1.6.3 Características del tomate para procesar.....	17
1.6.4 Diferentes productos del tomate.....	17
1.6.5 Factores esenciales de composición y calidad del producto.....	19
1.7 Diseño de procesos de alimentos.....	19
Capítulo II: Materiales y métodos	24
2.1 Creación del nuevo proceso de producción.....	24
2.2 Procedimiento para el diseño preliminar de una PyME.....	25
2.2.1 Creación del nuevo proceso.....	25
2.2.1.1 Creación de la base de datos preliminar.....	25
2.2.1.2 Síntesis preliminar del proceso.....	26
2.2.1.2.1 Definición del tipo de proceso.....	26
2.2.1.2.2 Definición y características de la materia prima e insumos.....	26
2.2.1.3 Etapas del proceso y creación del diagrama de flujo.....	28

2.2.1.4 Características de los equipos del proceso.....	31
2.2.1.5 Manejo de materiales.....	33
2.2.2 Desarrollo preliminar del caso base.....	34
2.2.2.1 Diagrama de flujo en bloques.....	34
2.2.2.2 Capacidad de la planta.....	34
2.3 Procedimiento para los balances de materia y energía.....	35
2.3.1 Procedimiento para el balance de masa.....	35
2.3.1.1 Balance de masa en la Etapa .1: recepción y almacenamiento y en la Etapa. 2: lavado y selección.....	36
2.3.1.2 Balance de masa en la Etapa .3: Pre-cocción y trituración.....	37
2.3.1.3 Balance de masa en la Etapa .4: Cocción.....	38
2.3.2 Procedimiento para el balance de energía.....	39
2.3.2.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción.....	40
2.3.2.2 Balance de energía en la marmita de cocción.....	41
2.3.2.3 Balance de energía en el tanque de pasteurizar.....	42
2.4 Selección de los principales equipos.....	42
2.4.1 Intercambiadores de calor.....	42
2.4.2 Tanques involucrados en el proceso.....	43
2.5 Cálculo de la inversión inicial.....	43
2.5.1 Estimación de costos operacionales.....	44
2.6 Principales indicadores económicos del proceso.....	45
2.6.1 Cálculo del Valor de la Producción.....	45
2.6.2 Cálculo de la Ganancia de la Producción.....	45
2.6.3 Cálculo del costo unitario del producto.....	46
2.6.4 Cálculo del punto de equilibrio o punto de ganancia nula.....	46
2.7 Retorno de la inversión.....	46
2.7.1 Plazo de recuperación de la inversión.....	46
Capítulo III. Análisis de los resultados.....	48
3.1 Creación de la base de datos preliminar.....	48
3.2 Síntesis preliminar del proceso.....	49
3.2.1 Tipo de proceso.....	49

3.2.2 Materias primas e insumos.....	49
3.2.3 Descripción del nuevo proceso tecnológico de producción.....	49
3.2.4 Calidad del concentrado de tomate.....	53
3.2.5 Selección de los principales equipos.....	53
3.2.5.1 Equipo de trituración y molienda.....	54
3.2.5.2 Equipo de cocción.....	55
3.2.5.3 Mesa de selección.....	56
3.2.5.4 Complementos de instalación.....	56
3.3 Desarrollo preliminar del caso base.....	57
3.3.1 Definición de la jornada de trabajo para la planta.....	57
3.3.2 Micro-localización de la planta de obtención de concentrado de tomate....	57
3.4 Balances de Materiales y Energía.....	58
3.4.1 Balance de masa.....	58
3.4.2 Balance de energía.....	59
3.5 Resultados de la evaluación económica.....	60
Conclusiones	64
Recomendaciones	65
Bibliografía	66
Anexos	71

Introducción

Las pequeñas y medianas empresas actualmente se consideran el sector productivo más importante en muchas economías, se puede decir que tanto en los países desarrollados como los que están en procesos de crecimiento este tipo de organización productiva es de significativa importancia.

Las PyMEs son la fuerza económica más activa en casi todos los países, juegan un papel importante en el crecimiento económico y se consideran la columna vertebral del desarrollo industrial.

Los mercados competitivos de hoy han forzado a las compañías a enfocarse en asuntos ambientales, alineados con otros factores críticos tales como costo, calidad, nivel de servicios, etc., para aumentar el beneficio de la cadena de suministro (Galankashi *et al.*, 2015). Por lo tanto, la industria manufacturera está obligada a realizar una transición hacia procesos de producción sostenibles que sean, al mismo tiempo, muy competitivos. En esta evolución, los factores relacionados con la calidad de los productos, la rentabilidad del procesamiento y el impacto ambiental deben integrarse, todos basados en un trabajo de investigación con un perfil muy técnico y sofisticado (European Commission, 2017). En el caso de las Pequeñas y Medianas empresas (PyMEs), a pesar de sus reducidas dimensiones, las inversiones son menores, y están especialmente en riesgo, porque los numerosos factores (económicos, ambientales y sociales) que valoran su sostenibilidad no se tienen en cuenta en los estudios de viabilidad.

La producción sostenible consiste en la creación de bienes y servicios que utilizan procesos y sistemas no contaminantes, conservando energía y recursos naturales, económicamente viables, seguros y saludables para los trabajadores, las comunidades y los consumidores, recompensando a la sociedad y creativamente a todos los trabajadores (Rosen y Kishawy, 2012). En esencia, el desarrollo sostenible es la consideración de que las actividades sociales, económicas y ambientales deben estar orientadas simultáneamente en los procesos en desarrollo.

A pesar de existir en la literatura especializada varias obras dirigidas a la evaluación de la sostenibilidad, estas no se adaptan a las condiciones cubanas, dadas por las características del sistema socioeconómico del país. Cuba trabaja en la implementación de PyMEs para el procesamiento de productos agrícolas, cuya creación y operación requiere que los territorios trabajen desde sus potencialidades no explotadas para garantizar, de manera efectiva y sostenible, un desarrollo económico que logre un equilibrio y una proporcionalidad a escala territorial (Plaza y Blanco, 2015).

El municipio de Unión de Reyes, ubicado en la provincia de Matanzas, se encuentra entre las regiones con mayores producciones de tomate, que en ocasiones se pierden debido a la carencia de transporte para su traslado y comercialización. Esto provoca que no se satisfaga la demanda de la población. Por las razones expuestas es importante realizar un levantamiento de las potencialidades que tiene el municipio para la creación de una mini-línea de producción para el procesamiento del tomate.

Problema: ¿Cómo enfrentar la alta producción del tomate industrial en el municipio de Unión de Reyes?

Hipótesis: Si se realiza la propuesta preliminar de una PyME de producción de concentrado de tomate industrial, se puede enfrentar las altas producciones del municipio de Unión de Reyes.

Objetivo general

Proponer el diseño preliminar de una PyME para la elaboración de concentrado de tomate industrial que asimile los volúmenes de producción del municipio de Unión de Reyes.

Objetivos específicos

1. Identificar los indicadores que definen, caracterizan y clasifican a las pequeñas y medianas empresas.

2. Determinar los volúmenes de producción del tomate en el municipio de Unión de Reyes.
3. Describir el proceso de producción de concentrado de tomate.
4. Seleccionar los principales equipos involucrados en el proceso.
5. Realizar una valoración económica de la inversión y del proceso productivo.

Capítulo I: Análisis bibliográfico.

En el presente capítulo se realiza un análisis de las PyMEs, se exponen los fundamentos teóricos relacionados con el tema de investigación, se abordan temáticas fundamentales como: sus definiciones, características, importancia, ventajas y desventajas, PyMEs agrícolas entre otros. Además, se analizan las características de la materia prima y del producto, así como las operaciones del proceso.

1.1 Definiciones acerca de las PyMEs.

Las pequeñas y medianas empresas conocidas por el acrónimo PyMEs, lexicalizado como *pyme* son empresas con características distintivas, y tienen dimensiones con ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los Estados o regiones. Definir con claridad y precisión a las micro, pequeñas y medianas empresas constituye actualmente una prioridad. Esto se debe a que las ventajas del acceso a los programas y mecanismos nacionales e internacionales en favor de estas, solamente benefician a las empresas que sean auténticas PyMEs, sin el poder económico de los grandes grupos. Para ello, los países donde existen empresas de este tipo se caracteriza y delimita según aspectos como el número de empleados, el volumen de producción, las ventas anuales, la inversión en planta y maquinaria, etc.; todo ello en función de las características propias de cada región (Unión Europea, 2005)

1.1.1 Definiciones en el mundo.

Las PyMEs son entidades independientes, creadas para ser rentables, que no predominan en la industria a la que pertenecen, cuya venta anual en valores no excede un determinado tope y el número de personas que la conforman no supera cierto límite. Como toda empresa, tienen aspiraciones, realizaciones, bienes materiales y capacidades técnicas y financieras, todo lo cual les permite dedicarse a la producción, transformación y/o prestación de servicios para satisfacer determinadas necesidades y deseos existentes en la sociedad (Galicia, 2017). Las empresas difieren en sus niveles de capitalización, ventas y empleo. Por lo tanto,

las definiciones que emplean medidas de tamaño (número de empleados, volumen de negocios, rentabilidad, valor neto, etc.) cuando se aplican a un sector dan lugar a que todas las empresas se clasifiquen como pequeñas, mientras que la misma definición de tamaño cuando se aplica a un sector diferente podría conducir a un resultado diferente. No existe una definición única, uniformemente aceptable, de una empresa pequeña.

La PyME, acorde al Informe de la CEPAL y la OCDE “Perspectivas económicas de América Latina 2013, Políticas de Pymes para el Cambio Estructural”, es una empresa con características distintivas, y con límites ocupacionales y financieros que se regula por los Estados o regiones. Son entidades independientes, con una alta relevancia en el mercado de comercio y los servicios dada su gran adaptabilidad a cambios en los suministros y en patrones de consumo, quedan prácticamente excluidas del mercado industrial. Se pueden articular al engranaje económico de empresas grandes o estatales para maximizar ganancias y minimizar costos, y su dinamismo les imprime altos niveles de eficiencia y competitividad. Por sus propias características requieren de poca inversión y dependen de las capacidades productivas de los trabajadores. Estas han sido valoradas en diferentes modelos socioeconómicos como la fórmula ideal para la descentralización y la oxigenación de la economía (Ramos, 2013).

La Ley 590 del 2015 explica que las PyMEs, aunque con una alta predominancia en el mercado de comercio, se excluyen del mercado industrial por las grandes inversiones necesarias y por las limitaciones que impone la legislación en cuanto al volumen de negocio y de personal, los cuales, si se superan, se convierten, por ley, a una microempresa en una pequeña empresa, o una mediana empresa se convierte automáticamente en una gran empresa. Por todo ello una PyME nunca supera ciertas ventas anuales o una determinada cantidad de personal.

García (2012) plantea que es posible diferenciar cada tipo según la cantidad de trabajadores y su volumen de negocio.

Las **microempresas** disponen de menos de 10 trabajadores, con un límite de 2 millones de euros para el volumen de negocios y el balance general.

Para todos los efectos, se entiende por microempresas, incluidas las fami-empresas (empresas familiares) pequeña y mediana, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicio, rural o urbano, que responda a los parámetros mencionados.

Las **pequeñas empresas** tienen entre 10 y 49 trabajadores y un volumen de negocios inferior a los 10 millones de euros.

Las **medianas empresas** poseen entre 50 y 249 trabajadores. El límite del volumen de negocios asciende hasta 50 millones de euros, y el del balance general, hasta 43 millones de euros.

En los Anexos 1 y 2, se muestran los límites establecidos para la diferenciación entre las micro, pequeñas y medianas empresas para algunos países de América Latina y Europa, respectivamente. El término coeficiente de tamaño se calcula por la ecuación:

$$C_{\text{coef}} = 5 \left(\frac{P}{P_{\text{ref}}} \frac{V}{V_{\text{ref}}} \right) \quad (1.1)$$

Pref: cantidad de empleados de la empresa.

Vref: ventas de referencia (USD).

Coef: coeficiente de tamaño.

P: cantidad de empleados de la empresa.

V: ventas de la empresa (USD).

Por su parte, Luna (2012) afirma que se entiende por PyME a toda organización de dimensión reducida que da lugar a un financiamiento y gestión cualitativamente diferentes a los difundidos en los textos normalmente vinculados con las grandes. Con esto se pretende no excluir a estas empresas por ser en su mayor parte autoempleo y donde evidentemente se encuentra a emprendedores que utilizan formas de gestión alternativas para sostener en el mercado a sus organizaciones, fuera de la racionalidad administrativa o del control de gestión, es decir los recursos se controlan a través de mecanismos informales, como pueden ser la vigilancia de los recursos por familiares o amigos.

1.1.2 Definiciones en Cuba.

Según establece el Ministerio de la Industria Alimentaria de Cuba, a continuación, se presentan las definiciones más importantes.

Las **microindustrias** son unidades económicas que a través de la organización del trabajo y bienes materiales de que se sirven, se dedican a la transformación y elaboración de materias no alcohólicas al detalle o materias primas alimentarias que ocupen directamente hasta 10 trabajadores y cuya capacidad de procesamiento diaria no exceda las 2 toneladas de materia prima.

Las **mini-industrias** son unidades económicas que a través de la organización del trabajo y bienes materiales de que se sirven, se dedican a la transformación y elaboración de materias no alcohólicas al detalle o materias primas alimentarias que ocupen directamente hasta 50 trabajadores y cuya capacidad de procesamiento diaria esté en el rango entre las 2 a las 20 toneladas de materia prima (MINAL, 2012).

1.2 Características que identifican a las PyMEs.

Gómez (2008) menciona las principales características de las PyMEs, las cuales se presentan a continuación.

- Tienen capital proporcionado por una o dos personas que establecen una sociedad.
- Los dueños dirigen la empresa,
- La administración es empírica,
- Dominan y establecen un mercado más amplio,
- Se encuentran en proceso de crecimiento: La pequeña tiende a ser mediana y la mediana aspira a ser grande,
- Obtienen algunas ventajas fiscales,
- Poseen un componente familiar: Casi en su totalidad son empresas familiares, la toma de decisiones depende de ellos y puede producirse desacuerdo en la aplicación de las mismas,
- Falta de solvencia (referida a los recursos): Las PyMEs carecen de recursos.

Castañeda (2009) plantea que las PyMEs tienen ciertas características en el campo administrativo, tales como:

- Formas de origen: entre sus creadores se encuentran estudiantes, recién egresados o personas que interrumpieron sus estudios, desempleados que optan por el autoempleo, hijos de empresarios, y trabajadores que buscan la independencia económica.
- Formas de propiedad: cuatro quintas partes (19,7 %) de las entidades tienen un solo dueño, hallazgo que otorga validez a la proposición respecto al microempresario de ser alma y vida de su negocio. El 17,5 % de las unidades se hallan organizadas como sociedad, lo cual ofrece fuentes alternas de capital y una base gerencial de operación más amplia siempre y cuando se trate de socios adecuados y confiables que agilicen la toma de decisiones, al no dividir la autoridad.
- Localización: más de la mitad (52,6 %) de los establecimientos se ubican fuera de la residencia de los microempresarios, lo cual es sorprendente ya que esto conlleva a gastos que requieren un nivel de operaciones más complejo; el 37,1 %, en la residencia, y el porcentaje restante no responde.
- Tendencia local: 26,2 % de los establecimientos son propietarios, 67,6 % son rentados y el 8 % son de otro tipo. Mientras que en giro industrial se observa una tendencia substancial de unidades con local propio, en el sector comercio y servicios los porcentajes de alquiler son más elevados. De modo similar, parece que las microindustrias con propietario único, tienden a rentar y ser menos dueños del local donde operan. En comparación de las empresas que operan con dos o más socios.
- Fuerza de grupo: la unidad se debe por la incorporación a entidades más grandes, las cámaras y asociaciones que, con su antigüedad, prestigio, poder de convocatoria y representatividad aumentan la fuerza de las demandas del sector, lo cual resulta esencial para su desarrollo.
- La comercialización: el 64,5 % de los pequeños empresarios señalan como ventaja de la agrupación este concepto y el 78 % para las medianas empresas. Estas cifras indican que entre mayor es el tamaño de la empresa, el factor de

comercialización a escala empieza a considerarse un elemento importante en la operatividad de la misma.

Además, Castañeda (2009) cita algunos rasgos distintivos que surgen en las PyMEs, como es el caso de los siguientes:

- Nuevos productos y servicios: La competencia entre las empresas y el incremento del mercado de consumo son un gran estímulo para generar productos y servicios.
- Avance tecnológico: El aumento de nivel de vida se debe en gran parte a la mejoría en los procedimientos de trabajo. Los avances tecnológicos mejoran constantemente la capacidad para utilizar maquinaria y para elaborar nuevos y mejores productos.
- Aumento de la especialización: la producción industrial depende hoy en día de la realización por muchas personas especializadas incluso de operaciones separadas y así las mismas empresas se han llegado a especializar.
- Tendencias hacia la fusión: La mayoría de las PyMEs comienzan a una escala relativamente modesta y experimentan sólo un crecimiento moderado; sin embargo, se observa una tendencia hacia la “fusión”.

1.3 Importancia de las mini-industrias.

Al decir de Álvarez y Durán (2009), las pequeñas y medianas empresas cumplen un importante papel en la economía de todos los países. Los integrantes de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), organismo de cooperación internacional conocido como “el club de los países ricos”, suelen tener entre el 70 % y el 90 % de los empleados en este grupo de empresas. Algunos de los elementos que justifican su importancia son:

- Pueden realizar productos individualizados en contraposición con las grandes empresas que se enfocan más a productos más estandarizados.
- Sirven de tejido auxiliar a las grandes empresas. La mayor parte de las grandes empresas se valen de empresas subcontratadas menores para realizar servicios u operaciones que de estar incluidas en el tejido de la gran corporación redundaría en un aumento de coste.

- Existen actividades productivas donde se apropia a trabajar con empresas pequeñas, como por ejemplo el caso de las cooperativas agrícolas.

Para Luna (2012), la pequeña y mediana empresa proporciona una de las mejores alternativas para la independencia económica, por lo que se puede decir que este tipo de empresas son una gran oportunidad, a través de la cual los grupos en desventaja económica y pueden iniciarse y consolidarse por méritos propios.

La importancia de las PyMEs radica, entre otros factores, en su capacidad para generar empleos, en su flexibilidad para aumentar las ofertas y en su habilidad para adaptarse a regiones que es necesario promover dentro de un programa que tome en cuenta el desarrollo geográfico equilibrado. El sector de la industria pequeña y mediana representa una parte importante en el desarrollo y crecimiento de los países.

Las PyMEs son sectores importantes de las economías de mercado desarrolladas y son un grupo importante en el mercado.

Además, abren nuevos mercados basados en la capacidad de utilizar de manera flexible nuevas ideas y tecnologías, por ser más pequeñas permiten que su tamaño se mueva en un contacto más cercano con el mercado y reaccione de forma flexible a los requisitos de los clientes. También las PyMEs desempeñan un papel importante en la innovación tecnológica, especialmente en las primeras etapas del ciclo de vida de la tecnología.

La pequeña y mediana empresa de Cuba representan un factor de importancia para su crecimiento económico tal como lo ha sido para países como México, Chile, Ecuador, y naciones desarrolladas como Estados Unidos, Japón, Alemania e Italia, donde contribuyen a una generación importante de empleos, participan en su mercado interno y trabajan en la sustitución de importaciones, por lo que requieren de un mayor apoyo para que puedan superar sus limitaciones (INEGI, 2010).

1.4 Ventajas e inconvenientes de las PyMEs.

Las PyMEs poseen ventajas como su capacidad de adaptabilidad gracias a su estructura pequeña, su posibilidad de especializarse en cada sector del mercado y su capacidad comunicativa. La mayor ventaja de una PyME es la capacidad de

cambiar rápidamente su estructura productiva en el caso de variar las necesidades de mercado, lo cual es mucho más difícil en una gran empresa, con un importante número de empleados y grandes sumas de capital invertido. Sin embargo, el acceso a mercados tan específicos o a una cartera reducida de clientes aumenta el riesgo de quiebra de estas empresas, por lo que es importante que amplíen su mercado o sus clientes (Álvarez y Durán, 2009).

Otras ventajas de este tipo de empresas, según Longenecker (2001) se muestran a continuación:

- Asimilan y adaptan con facilidad tecnologías de diverso tipo, o producen artículos que generalmente están destinados a surtir los mercados locales y son bienes de consumo básico.
- Se establecen en diversas regiones geográficas, lo cual les permite contribuir al desarrollo local y regional.
- Mantienen una gran flexibilidad y una buena organización, por lo que se adaptan con facilidad al tamaño del mercado, aumenta o reducen su oferta cuando se hace necesario.
- El personal ocupado por empresa es bajo, por lo cual el gerente (que generalmente es el dueño) conoce a sus trabajadores y empleados, lo que le permite resolver con facilidad los problemas que se presenten.
- Producen y venden artículos a precios competitivos, ya que sus gastos no son muy grandes y sus ganancias no son excesivas.
- Tienen una gran movilidad, que permite ampliar o disminuir el tamaño de la planta, así como cambiar los procesos técnicos necesarios.

Por otra parte, estas empresas presentan ciertas desventajas, tal como afirman Álvarez y Durán, (2009). Las empresas pequeñas tienen más dificultad en encontrar financiación a un coste y plazo adecuados debido a su mayor riesgo. Son empresas con mucha rigidez laboral y les es más difícil hallar mano de obra especializada. La formación previa del empleado es fundamental para estas. Debido al pequeño volumen de beneficios que presentan, no pueden dedicar fondos a la investigación, por lo que tienen que asociarse con universidades o con otras empresas. El menor tamaño complica su entrada en otros mercados, por lo que desde las instituciones

públicas se hacen esfuerzos para formar a las empresas en las culturas de otros países.

Además, Luna (2012) plantea que:

- Les afectan con mayor facilidad los problemas que se suscitan en el entorno económico, como la inflación y la devaluación.
- Viven al día y no pueden soportar períodos largos de crisis en los cuales disminuyen las ventas.
- La falta de recursos financieros los limita, ya que no tienen fácil acceso a las fuentes de financiamiento.
- Tienen pocas o nulas posibilidades de fusionarse o absorber a otras empresas.
- Su administración no es especializada, es empírica y por lo general la llevan a cabo los propios dueños. Esto se debe a que no contratan personal especializado y capacitado por no poder pagar altos salarios.
- Sus ganancias no son muy elevadas; por lo cual, muchas veces se mantienen en el margen de operación y con muchas posibilidades de abandonar el mercado.
- La calidad de la producción no siempre es la mejor, muchas veces es deficiente porque los controles de calidad son mínimos o no existen.

Las PyMEs, de manera general, atraviesan por dificultades para operar, por tal motivo se requieren cambios significativos que permitan su sobrevivencia y desarrollo para alcanzar la competitividad requerida. Los puntos anteriores indican los factores que obstaculizan su desenvolvimiento, pero muestran áreas de oportunidad muy importantes para su superación (FICAP, 2005).

1.5 PyMEs asociadas a productos agrícolas.

Las PyMEs agrícolas son el conjunto de pequeñas y medianas empresas que generan empleo y permiten abastecer la demanda de productos agrícolas en el mercado. Se conforman por recursos naturales y capital que cuenta con factores tanto externos como internos que condicionan la producción y se enfrentan a la creciente globalización de los mercados con una deficiente organización administrativa, no se manejan como empresas sino como patrimonios familiares,

no son competitivas, carecen de innovación y tecnología, lo que les dificulta mantenerse en el mercado (Asthon y Barrett, 2010).

El proceso de producción que se desarrolla en las PyMEs agrícolas sigue las mismas normas de organización del proceso productivo que en otro tipo de empresas, sin embargo, el manejo de la producción condiciona al medio ambiente de la empresa, por la naturaleza biológica de su proceso, la amplia extensión, el acceso a la tierra, la dependencia del clima y de las condiciones de cada suelo; lo que conlleva a explotaciones técnicas y económicas heterogéneas.

Las PyMEs agrícolas encuentran mayores dificultades a la hora de responder de forma aislada a la creciente globalización de los mercados y al incesante progreso tecnológico, porque carecen de procesos administrativos eficientes, así como de tecnologías propias para la gestión y desarrollo de actividades productivas, lo que restringe su desarrollo empresarial (Plaza y Blanco, 2015).

1.5.1 Problemas que enfrentan las PyMEs agrícolas en el desarrollo económico.

Las PyMEs agrícolas no se manejan como empresas sino como patrimonios familiares, lo que no permite establecer una relación beneficio-costos y por lo tanto no pueden desarrollarse y afrontar los nuevos retos de la gestión pública en la cual están inmersas. Su inapropiada organización se refleja en el escaso nivel tecnológico, la baja calidad de la producción, ausencia de normas y altos costos, falta de crédito por los altos costos y el difícil acceso, mano de obra sin calificación, producción orientada al mercado interno, incipiente penetración del mercado internacional, además de ser insuficientes los mecanismos de apoyo para el financiamiento, capacitación, y uso de tecnologías avanzadas.

En la comercialización de los productos agrícolas, el Estado fija los precios oficiales en función de la oferta y la demanda del producto, existiendo insuficientes e inadecuados canales de comercialización para los productos de las PyMEs agrícolas.

El trabajo de los territorios desde sus potencialidades no explotadas para garantizar, de modo efectivo y sostenible, un desarrollo económico que logre paulatinamente un equilibrio y una proporcionalidad a escala territorial. El estado

juega un papel importante para la creación y desarrollo de PyMEs, promueve el desarrollo sustentable y propone impulsar el trabajo de los gobiernos seccionales desde sus potencialidades para garantizar un desarrollo económico a escala territorial que permita la transformación de la matriz productiva (Plaza y Blanco,2015).

1.5.2 PyMEs en Cuba asociadas a productos agrícolas.

Cuba trabaja en la puesta en marcha de estas empresas para el procesamiento de frutas y vegetales, con el objetivo de elaborar materia prima para grandes industrias y aprovechar los picos de cosecha.

Estas, con tecnología cubana, se instalan en empresas y cooperativas del país, como parte de un programa del Ministerio de la Agricultura para fomentar el cultivo de frutales. La existencia de esas pequeñas industrias satisface las necesidades, tanto de colectivos campesinos, Unidades Básicas de Producción Cooperativa, como de otras entidades de carácter estatal. De esa forma se elimina una de las principales problemáticas de los productores, quienes en los picos de cosecha no podían comercializar.

Las unidades de este tipo constituyen importantes eslabones en la cadena productiva agropecuaria, pues aprovechan los excedentes no comprometidos con la venta directa a la población, para transformarlos en diferentes derivados, sin que el campesino sufra pérdidas (Gómez, 2015).

Cuba requiere impulsar su desarrollo en este ámbito. Los desencuentros entre el campo y la industria han sido lamentables en pasadas campañas frutícolas.

Si las frutas, vegetales y viandas se llegan a expresar su potencial productivo a plenitud, estos inmensos volúmenes, sin un respaldo de la industria, pueden tirar literalmente a la basura cultivos, dilapidar recursos y malgastar esfuerzos.

De la capacidad industrial que dispone el país para procesar frutas y vegetales, el Grupo Empresarial Agrícola posee cerca del 35 %. Estas potencialidades se concentran en seis industrias: el Combinado Victoria de Girón (de Jagüey Grande, Matanzas), la industria de Ceballos (en Ciego de Ávila), la de Contramaestre (en Santiago de Cuba), la de Banes (en Holguín), una en el municipio especial Isla de la Juventud y recientemente se incorporó Citrus (en Pinar del Río). Además de

estas industrias, el grupo empresarial cuenta con mini-industrias y microindustrias que también procesan frutas. Durante 2015 y 2016 crecieron en cerca de 15 mini-industrias, de ellas 11 de factura nacional, que fueron puestas a disposición del programa de las cooperativas de frutales. También adquirieron por importación dos mini-industrias y tres les fueron otorgadas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (Colectivo de autores, 2016).

Según MINAG (2017), en estos momentos se cuenta con 206 unidades productoras integradas al movimiento, entre cooperativas de créditos y servicios (CCS), de producción agropecuaria (CPA), y unidades básicas de producción cooperativa (UBPC), que están obligadas a diversificar las producciones de frutas frescas en las más de 14 000 hectáreas incorporadas hasta ahora. De estas 206 cooperativas hay 21 en Matanzas, donde se encuentran 10 en Jagüey Grande y una en cada uno de los municipios restantes.

1.5.2.1 Principales deficiencias.

Actualmente lo que más limita el desarrollo de la agroindustria en el país son los envases, por esta razón se analiza la producción a partir de la hojalata. Se necesita de un programa que dé respuesta a los problemas que hoy se tienen y se tendrán en lo adelante. Los bidones son la primera demanda que se tiene, y también las latas de distintos formatos. El país ya dispuso, se importa un molde, donde se producen bidones de 20 litros para ser reutilizados con tapas herméticas desechables. De esta forma se resuelve, en parte, el problema de las PyMEs para poder almacenar los productos por un tiempo determinado.

La mayoría de las producciones se envasa en latas de 3,2 kg, que son demasiado grandes para el mercado minorista. Cuando se logre adquirir envases de menor formato, se prevé que la salida del producto en el mercado sea inmediata (Colectivo de autores, 2016).

1.6 PyMEs procesadoras de tomate.

El tomate presenta variado uso en la industria alimenticia y hoy se ve encaminada a su crecimiento y expansión.

1.6.1 Origen y volumen de producción del tomate.

El tomate pertenece a la familia de las Solanáceas, existen 9 especies del género *Solanum*, sólo *Solanum lycopersicum* es cultivada comercialmente como hortaliza. Es originario de América, más específicamente de la zona andina de Perú, Ecuador, Colombia, Bolivia y Chile, desde donde se extendió al resto de América Central y meridional.

El tomate es actualmente una de las hortalizas más importantes en el mundo, tanto si se considera el consumo en fresco como la industrialización. Anualmente se producen más de 150 millones de toneladas de tomate en el mundo, de las cuales el 25 % se destinan a la industria. De esta fracción, más del 70 % se deriva a la elaboración de pasta de tomate, al tiempo que el resto se utiliza en conservas, jugo de tomate, salsas y deshidratados. Sólo diez países concentran el 90 % de la producción de tomate para industria. Aproximadamente el 90-92 % del total producido se cultiva en el hemisferio Norte, donde la cosecha se concentra en los meses de julio, agosto y septiembre. La posición líder la ocupa Estados Unidos (particularmente el estado de California) con un 35 % de la producción total, seguido por China (13 %), Italia (12 %) y Turquía. El resto se cosecha en el Hemisferio Sur (Chile, Brasil, Argentina, Australia) en el período enero-abril. China se presenta como el actor más importante del mercado, con ventas de más de un millón de toneladas en los últimos tres años. Le sigue Italia, con exportaciones que rondan las 650 mil toneladas y Estados Unidos con cerca de 350 mil toneladas en las últimas dos temporadas. Más abajo se encuentran Portugal y España, con ventas cercanas a 200 mil toneladas en el último año y Chile, con cifras crecientes y alrededor de 100 mil toneladas (Galicia, 2017).

1.6.2 Importancia del proceso del tomate.

El tomate es una hortaliza apreciada y comida en una multitud de platos y recetas a nivel mundial. Es uno de los ingredientes clave de la gastronomía americana, medio-oriental, europea, y africana. Es por esta popularidad que la industria procesadora del tomate se ha convertido en una de las industrias más importantes dentro del sector de la alimentación. Hoy en día, los industriales del tomate

alcanzan sus planes de crecimiento y expansión apoyándose en la capacidad de automatizar e industrializar el proceso.

1.6.3 Características del tomate para procesar.

Dentro de las características deseadas para los cultivares de tomate para industria se destacan el rendimiento, la calidad industrial y la adecuación a sistemas de recolección y manejo mecánico. Se sugieren pautas a tener en cuenta a la hora de desarrollar variedades para el procesamiento:

- Corto período de cuajado y uniformidad en la maduración.
- Buen comportamiento frente a enfermedades y plagas.
- Adaptación a la cosecha mecánica y manipulación a granel.
- Frutos con ausencia de cicatrices en el extremo floral y baja susceptibilidad al rajado.
- Cicatrices pedunculares pequeñas, con baja tendencia a pardear y correcta abscisión.
- Frutos color rojo brillante fáciles de pelar, uniformes y con tamaño mayor a 50g.
- Frutos con contenidos de sólidos solubles superiores a 5 % y sólidos insolubles superiores a 1 %.
- Elevada acidez 0,35-0,55 % de ácido cítrico y pH bajo < 4,4 y alto contenido de vitamina C.
- Frutos con buena resistencia a los tratamientos térmicos (Hernández, 2013).

1.6.4 Diferentes productos del tomate.

Las líneas se construyen siguiendo las últimas tendencias del mercado, la experiencia y los recursos técnicos para ofrecer soluciones fiables y eficaces a los clientes. Lo más importante es la calidad de los productos y su fiabilidad.

Según los requisitos de los clientes, las características de producción y los presupuestos, existen soluciones para los siguientes productos:

- Concentrado de tomate
- Salsa de tomate
- Tomates pelados y cortados

- Zumo de tomate

Los concentrados de tomate son productos obtenidos por concentración del jugo y pulpa, que normalmente contienen en sus proporciones naturales los tomates frescos, maduros, sanos, limpios, tamizados a través de una malla no mayor de 1mm. Los concentrados estarán libres de fragmentos de piel, semillas, restos de fruto o de la planta de tomate observables a simple vista. El producto con una concentración de 8,37 a 9,37 %, no presentará más que 60 % de campos positivos de mohos. Además, estarán libres de colorantes agregados, estabilizantes y espesantes.

Las líneas de procesado de tomate pueden contar con diferentes operaciones unitarias dependiendo del producto que se desee obtener. Las etapas se dividen por áreas, y entre las más comunes se encuentran:

- Zona de recepción y lavado
- Zona de pelado
- Zona de cortado
- Zona de extracción de jugo de tomate
- Zona de refinado
- Zona de *hot/cold break*
- Zona de evaporación
- Zona de esterilización
- Zona de llenado aséptico
- Zona de servicios y equipos complementarios: torre de enfriamiento, filtración del agua y sistemas de generación de vapor.

El concentrado de tomate podrá considerarse “puré de tomate” o “pasta de tomate” cuando el concentrado cumple con los siguientes requisitos:

- “Puré de tomate”: es el concentrado de tomate que contiene por lo menos el 7,0 %, pero menos del 24,0 % de sólidos solubles naturales totales.
- “Puré de tomate concentrado”: es el concentrado de tomate que contiene por lo menos el 18,0 %, pero no más del 20,0 % de sólidos solubles naturales totales.
- “Pasta de tomate” es el concentrado de tomate que tiene un contenido igual o mayor al 24,0 % de sólidos solubles naturales totales (NC 812:2006).

1.6.5 Factores esenciales de composición y calidad del producto.

Ingrediente básico: concentrado de tomate, con la calidad requerida, confirmada por la Norma Cubana (NC 735:2006).

Otros ingredientes autorizados:

- sal (cloruro de sodio) de conformidad con la Norma Cubana para la Sal de calidad alimentaria (NC 480:2006) no más del 3 % (m/m)
- especias y hierbas aromáticas (como la hoja de albahaca, etc.) y sus extractos naturales
- jugo (zumo) de limón (natural o concentrado) empleado como acidificante
- agua de conformidad con la Norma Cubana para el agua potable (NC 827:2006)

El concentrado de tomate elaborado deberá tener un buen sabor y aroma, un color claramente rojo y poseer una textura homogénea (distribuida uniformemente) característica del producto. También debe contar con las siguientes especificaciones:

- El contenido de impurezas minerales no deberá superar el 0,1 % de contenido de sólidos solubles naturales totales.
- La concentración de sólidos solubles naturales totales deberá ser igual o mayor al 7 %, pero sin llegar al grado de deshidratación del polvo seco o en copos.
- El recuento de mohos para el concentrado de tomate elaborado no deberá ser superior al 40 %.
- El pH deberá ser inferior a 4,6.

1.7 Diseño de procesos de alimentos.

Saravacos y Kostaropoulos (2016) describen la identificación de la ingeniería de alimentos y sus objetivos dentro de la ciencia de los alimentos. El diseño sistemático del proceso se adopta gradualmente en el diseño de procesos alimentarios, reemplazando los enfoques empíricos del pasado. Además de los principios y las técnicas del diseño de procesos químicos, el diseño de los procesos alimentarios debe basarse en los principios y la tecnología de la ciencia e ingeniería de los alimentos.

Las tecnologías de fabricación exitosas y eficientes, desarrolladas en otras industrias, se pueden adaptar, modificar e implementar en la industria alimentaria. La calidad de los alimentos y la inocuidad de los alimentos deben recibir una consideración especial, al tiempo que se aplican los principios y las técnicas de ingeniería. El procesamiento de alimentos implica varias operaciones físicas de unidades y procesos microbiológicos, bioquímicos y químicos, que apuntan a la preservación y mejora de la calidad de los alimentos o la conversión a productos alimenticios seguros y nutricionales a gran escala económica. La tecnología de preservación y conversión de alimentos ha avanzado considerablemente en los últimos años.

La ingeniería de alimentos se ha convertido en un área interdisciplinaria de ciencia aplicada e ingeniería, basada principalmente en la ingeniería química y la ciencia de los alimentos. Las operaciones unitarias tradicionales de ingeniería química se han adaptado al procesamiento de alimentos, teniendo en cuenta la complejidad de los materiales alimenticios y su sensibilidad a las condiciones de procesamiento.

Además de las consideraciones de ingeniería tradicionales sobre el costo del proceso, la optimización de la energía y el control del proceso, se deben satisfacer las demandas de calidad y seguridad de los alimentos. En este sentido, la aplicación de los principios y avances de la ciencia de los alimentos es esencial alimenticia.

La tendencia para mejorar la calidad del producto en todas las industrias (ingeniería de producto) debe tomarse en consideración en todas las etapas del diseño del proceso. En la industria alimentaria, deben considerarse los avances en el campo en desarrollo de la ciencia de los materiales alimenticios, con respecto al efecto de la manipulación, procesamiento y almacenamiento de los alimentos sobre la estructura y calidad de los productos alimenticios. El control de procesos y la automatización, adaptados de otras industrias, deben tomar en consideración los requisitos de un control preciso del procesamiento térmico seguro, los efectos de tiempo y temperatura en la calidad del producto y la microestructura y macroestructura deseada de los productos alimenticios. En la industria alimentaria, la tendencia de productos mejorados (ingeniería de productos) debe tomarse en consideración en todas las etapas del diseño del proceso. Esto involucra todos los

aspectos, comenzando con el procesamiento de "materias primas" o con el procesamiento posterior de productos prefabricados. Además de la fabricación de alimentos, un diseño eficiente también debe considerar aspectos de suministro, manipulación y almacenamiento, y el tipo sucesivo de comercio de alimentos (por ejemplo, importación-exportación, venta al por mayor, efectivo y tipos de transporte de los mercados de entrega) hasta el final consumo de alimentos.

En la fabricación, los requisitos básicos son:

- la fabricación de productos de alto valor añadido
- producción constante de productos manufacturados, en la medida de lo posible
- alta calidad permanentemente constante de alimentos producidos

En el comercio:

- suministro constante de alimentos a los consumidores
- buena calidad constante de los productos minoristas
- cumplimiento de las especificaciones y estándares
- posibilidad de extender la vida útil de los productos
- facilidad en el manejo, incluido el transporte

En el consumo:

- aumento de la variedad de productos
- satisfacción de una tendencia fácil de usar
- buena calidad
- precio razonable

Los requisitos de calidad son:

- seguridad de los alimentos (no transferencia de infección o contaminación)
- idoneidad dietética (nutrición adecuada)
- idoneidad del proceso
- características sensoriales, tales como olor y propiedades ópticas, textura, propiedades acústicas (por ejemplo, productos crujientes) y sabor

El control de la planta de alimentos debería abarcar todo el espectro, desde la entrega de las materias primas hasta el consumo. Se pueden distinguir dos categorías principales de control en la fabricación de alimentos:

1) control relacionado con los medios de procesamiento / fabricación:

En el procesamiento, el control y la automatización adaptados de otras industrias deben tener en cuenta los requisitos de un control preciso del procesamiento térmico seguro, efectos de tiempo-temperatura en la calidad del producto y la microestructura y macro-estructura deseada de los productos alimenticios. El control se extiende:

- equipo (condición, mantenimiento, etc.),
- parámetros operacionales (condiciones de procesamiento),
- instalaciones principales (instalación hidráulica y eléctrica, edificios),
- instalaciones auxiliares (energía, suministro de agua, desechos, etc.).

2) control de los productos que incluye:

- entregas entrantes (materias primas, aditivos, materiales de embalaje, etc.)
- control de productos durante y después del procesamiento (almacenamiento, manipulación, transporte, venta al por menor).

En algunos casos, puede extenderse a controles que están relacionados con factores ambientales (calidad del agua, aire, etc.). Las principales categorías de control de producto son:

- análisis microbiológicos y biológicos (descomposición, infecciones, etc.),
- análisis químicos (composición, sustancias residuales, reacciones químicas),
- análisis técnicos (material de embalaje, textura, sensorial) evaluación, etc.).

Aunque el objetivo principal de la economía de proceso es la ganancia del capital invertido, también se deben considerar otros criterios al diseñar y construir una planta de procesos químicos. La planta debe ser operada y controlada de forma segura para los trabajadores, los productos deben ser seguros y sin efectos adversos para la salud de los consumidores, y el medio ambiente no debe ser dañado por los desechos de plantas (Aguilera 2000).

Conclusiones parciales

1. Las PyMEs son entidades independientes que se clasifican en función de algunos aspectos como la cantidad de trabajadores y su volumen de negocio.
2. Cuba trabaja en la puesta en marcha de estas empresas para el procesamiento de frutas y hortalizas.
3. La industria procesadora del tomate es una de las más importantes dentro del sector de la alimentación.

Capítulo II: Materiales y métodos

En este capítulo se desarrolla un procedimiento para el diseño preliminar de una mini-industria para la producción de concentrado de tomate. Se identifican las etapas, operaciones y equipos del proceso; se plantean los balances de masa y energía, y se establecen los principales indicadores de factibilidad económica.

2.1 Creación del nuevo proceso de producción.

La síntesis de procesos es una de las tareas más complejas y exigentes confrontada por el ingeniero químico. Un proceso está vinculado a los tratamientos de materiales, mediante transformaciones físico - químicos, biológicos, y procesos de separación física. En forma genérica, se denomina proceso a la unidad o sistema estructural de transformación por medio del cual los materiales que ingresan se transforman en los productos deseados. Esta unidad o sistema estructural está compuesto por módulos (equipos u operaciones unitarias) encargados de realizar tareas específicas (separación, calentamiento, reacción química). Los módulos se interconectan para garantizar la transformación global y queda conformado el diagrama de flujo del proceso (Scenna y Benz, 1999; García 2017; Benz *et al.*, 2008).

Cuba es un país agrícola, donde se generan cantidades significativas de cultivos, entre ellos el tomate. Este representa importante lugar en la industria alimenticia, por la variedad de platos y recetas en que se aprecia. El municipio de Unión de Reyes ubicado en la provincia de Matanzas cuenta con altas producciones de tomate industrial. Esta hortaliza puede ser transformada en alimento con un mayor poder de duración, por lo que se considera de interés su producción y una vía de sustituir importaciones.

Se selecciona dicha localidad debido a que se encuentra entre las regiones con mayores potencialidades en el sector agrícola, además de manifestar un gran interés por el desarrollo de este tipo de empresas en su territorio. Actualmente el municipio no cuenta con una tecnología capaz de transformar estos productos, por lo que se propone la creación de un nuevo proceso de producción para él.

2.2 Procedimiento para el diseño preliminar de una PyME.

En el presente trabajo se desarrollan dos etapas: creación del nuevo proceso y desarrollo preliminar del caso base.

2.2.1 Creación del nuevo proceso.

Generalmente el problema de diseño está sub-definido en sus orígenes y a menudo se basa en una cantidad de información mínima, que constituye el punto de partida para la tarea de diseño preliminar. Este paso permite recopilar abundante información del proceso, para facilitar el trabajo posterior de síntesis (García, 2017).

2.2.1.1 Creación de la base de datos preliminar.

Los datos que se requieren del municipio de Unión de Reyes para el estudio de la disponibilidad del tomate son: volúmenes de producción, picos de producción, precio en el mercado, principales destinos y pérdidas. En la Tabla 2.1, se muestran los datos del municipio Unión de Reyes necesarios para la creación del caso base en cuanto a volúmenes en los picos de cosecha y pérdidas del cultivo.

Tabla 2.1. Volúmenes picos de producción y pérdidas del cultivo

Años	Pico de cosecha (q)	Pérdidas del cultivo (q)
2013	1 505,6	259,8
2014	1 758,2	205,1
2015	1 889,3	195,4
2016	2 003,7	211,9
2017	1 403,5	186,0

Fuente: MINAG, Modelo 3361.

Según el Modelo 3331 MINAG (Agropecuaria Unión de Reyes), entre las principales causas de las pérdidas se destacan:

- Mala distribución
- Condiciones del clima

Los picos de producción para el tomate se encuentran entre los meses de diciembre, enero y febrero, donde el precio de compra es de 1,13\$/lb. Entre los principales destinos del tomate se encuentra:

- Acopio
- Fruta Selecta
- Turismo
- Puntos de venta

2.2.1.2 Síntesis preliminar del proceso.

En la etapa de síntesis preliminar del proceso se definen los productos y las materias primas disponibles (López, 2013).

Con las operaciones definidas se construye el diagrama de flujo en los primeros pasos de la síntesis. Posteriormente se precisan las operaciones unitarias y los equipos que se utilizarán, y se seleccionan todas las operaciones necesarias para convertir las materias primas en productos (García, 2017).

2.2.1.2.1 Definición del tipo de proceso

El modo de procesamiento se clasifica en: continuo o discontinuo. Los equipos discontinuos o “en *batch*” son particularmente útiles en el caso de volúmenes pequeños o cuando la industria elabora muchos productos diferentes. Por su parte las de las plantas continuas realizan el proceso sin interrupciones, reduciendo los tiempos muertos y aumentando la capacidad operativa (Saravacos y Kostaropoulos, 2016).

2.2.1.2.2 Definición y características de la materia prima e insumos.

Requisitos del tomate como materia prima.

Las variedades de tomate para industria cuentan con una serie de requisitos mínimos, lo que da lugar a las disposiciones relativas a la calidad. Los tomates cumplirán los siguientes requisitos mínimos: enteros, con color rojo característico de la variedad y de su grado de madurez, con aspecto fresco, con consistencia firme, sanos y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos para su procesamiento industrial, exentos de cáliz o pedúnculo (pecíolo), libres de daños

causados por la exposición al sol, limpios y prácticamente libres de cualquier materia extraña visible, prácticamente exentos de plagas y daños causados por ellas, exentos de olores extraños. El desarrollo y condición de los tomates deberán ser tales que les permitan: soportar el transporte y la manipulación y llegar en estado satisfactorio al lugar de destino. El grado de madurez es importante para controlar la calidad del producto final, así como la eficiencia del proceso, ya que un exceso de madurez resulta en una elevada proporción de materia prima desechada, deterioro excesivo del producto y daño durante el almacenamiento. La falta de madurez por otra parte, supone rendimientos menores y el producto final presenta un color, gusto y textura inferiores a los requeridos.

Podrán permitirse, sin embargo, los siguientes defectos leves, siempre y cuando no afecten el aspecto general del producto, su calidad, estado de conservación y presentación en el envase, con fines industriales, según se establece en la Tabla 2.2

Tabla 2.2. Tolerancias relativas permitidas en el tomate para industria

No	Defectos	Tolerancia máxima en %
1	Mancha bacteriana (hasta 7 en el fruto)	10
2	Quemadura solar	5
3	Rajaduras sin cicatrizar	6
4	Residuos de pedúnculos	2
5	Coloración roja no definida	4
6	Prodenia o gusano barrenador	2
7	Tierra o impureza mineral	5
8	Afectaciones por hongos o bacterias secos	1
9	Restos de hojas y tallos	0,5
10	Ligero defecto de forma y desarrollo	2
11	Magulladuras muy leves	5
	Total de afectaciones	15

Fuente: Díaz (2017)

Requisitos de los insumos.

El ácido cítrico es importante para la gelificación, conferir brillo al color de la pulpa, mejora el sabor, y prolongar su tiempo de vida útil. Este se comercializa de forma granulada y tiene un aspecto parecido al azúcar blanca, aunque también se puede utilizar el jugo de limón como fuente de ácido cítrico. La cantidad que se emplea varía entre 0,15 y 0,2 % del peso total del producto final.

Según Coronado e Hilario (2001) el ácido cítrico se añade en dependencia del pH de la materia prima que se esté tratando, en este caso del concentrado de tomate. La siguiente Tabla 2.3 muestra las proporciones que se debe añadir en función del pH.

Tabla 2.3. *Cantidades de ácido cítrico a añadir en dependencia de pH.*

pH de la pulpa	Cantidad de ácido cítrico a añadir
3,5 a 3,6	1 a 2 g / kg. de pulpa
3,6 a 4,0	3 a 4 g / kg de pulpa
4,0 a 4,5	5 g / kg de pulpa
Más de 4,5	Más de 5 g / kg de pulpa

Fuente: Coronado e Hilario (2001).

La acidez y el pH resultan importantes tanto desde el punto de vista de la calidad sensorial como microbiológica. Esta se informa generalmente en términos del ácido predominante: en el caso de los tomates, el ácido cítrico. La acidez es importante para definir el tipo de tratamiento que deben recibir los alimentos, en caso de ser enlatados. La temperatura de esterilización se reduce en el caso de alimentos que poseen una mayor acidez. En el caso de los alimentos altamente coloreados, como el tomate, la determinación precisa del punto final es muy difícil cuando se utiliza un indicador; por lo tanto, es más fácil y más exacto utilizar un pHmetro, ya que el pH es una medida de la concentración de H⁺ en una muestra (Anthon y Barrett, 2010).

2.2.1.3 Etapas del proceso y creación del diagrama de flujo.

El concentrado es claramente la mayor industria del procesamiento de tomate. El

proceso para obtener concentrado empieza con el lavado y la clasificación. El sistema de pre-calentamiento produce una salsa con más viscosidad, ya que inactiva rápidamente las enzimas. Los tomates se muelen para extraer la pulpa mediante una trituración. Mediante un proceso de tamizado es separada la pulpa de las semillas contenidas y los restos de piel. Luego se utilizan evaporadores para llegar a la concentración deseada. El concentrado es entonces pasteurizado y envasado. En la Tabla 2.4 se muestran las operaciones del proceso de concentración del tomate.

Tabla 2. 4. Etapas del proceso

No.	Etapas	Operaciones del proceso
1	Recepción de la materia prima y almacenamiento.	1. Recepción de la materia prima.
2	Lavado y selección	2. Pre-selección y rechazo. 3. Pesado. 4. Lavado 5. Selección.
3	Pre-calentamiento, trituración y tamizado	6. Pre-cocción. 7. Trituración 8. Repasadora refinadora de pulpa.
4	Evaporación	9. Cocción.
5	Envasado	10. Envasado.
6	Pasterización y enfriamiento	11. Pasteurización. 12. Enfriamiento.
7	Almacenamiento del Producto	13. Etiquetado 14. Almacenado.

Fuente: Elaboración propia.

Se confecciona un diagrama que exponga las etapas y los flujos de materia prima e insumos para el procesado de tomate (Ver anexo 3). Una vez determinadas las

etapas del proceso con sus diferentes operaciones se procede a crear el diagrama de flujo. Los equipos seleccionados para cada operación del proceso se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Operaciones del proceso.

Operaciones del proceso.	Equipos
1. Recepción de la MP.	1. Área de recepción
2. Pesado.	1. Pesa (balanza).
3. Pre-selección.	1. Mesa.
4. Lavado y enjuague.	1. Tina de lavado 2. Tina de enjuague 3. Bomba. 4. Filtro.
5. Selección.	1. Mesa de selección
6. Pre-cocción	1. Marmita.
7. Despulpado.	1. Molino triturador de martillo
8. Cocción.	1. Marmitas con camisa de vapor y agitador.
9. Almacenamiento del ácido cítrico	1. Tanques de almacenamiento.
9. Envasado y tapado.	1. Tina de lavado de envases. 2. Embotelladora.
10. Pasteurización.	1. Tanque de pasteurización.
11. Tinas de enfriamiento.	1. Tanque.
12. Etiquetado.	1. Mesa.
13. Almacenamiento del producto.	1. Almacén.
14. Generación de vapor.	1. Caldera 2. Tanque de combustible 3. Bomba
15. Almacenamiento de agua residual.	1. Cisterna
16. Almacenamiento de agua.	1. Tanque

17. Tanque de cloro.	1. Tanque.
----------------------	------------

Fuente: Elaboración propia.

En los equipos se controlan diferentes variables con el objetivo de garantizar el adecuado funcionamiento del proceso.

Tabla 2.6: Variables que se controlan en los equipos.

Equipo	Variable	Rango	Según
Tina de lavado del tomate.	Concentración de cloro en agua.	0,5 – 1 ppm	(Díaz, 2017)
Marmita para la pre-cocción.	Temperatura.	75 – 80 °C	(Villanueva, 2016)
Marmita para la cocción.	Temperatura.	100 °C	(Villanueva, 2016)
Tanque de almacenamiento temporal.	Temperatura.	85-90°C	(Coronado e Hilario, 2001).
Tina de lavado de envases	Concentración de cloro en agua.	0,5 – 1 ppm	(Villanueva, 2016).

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.4 Características de los equipos del proceso.

Al seleccionar el equipo de procesamiento de alimentos, se deben considerar las siguientes características de construcción:

- dimensiones / peso,
- facilidad de limpieza,
- mantenimiento,
- estandarización de repuestos,
- calidad de los materiales,
- resistencia / durabilidad y
- automatización

En el diseño de la planta, se debe tener en cuenta el espacio ocupado por el equipo de procesamiento y su peso. Las dimensiones del equipo también son importantes para la extensión o el reemplazo de las líneas de procesamiento de alimentos existentes.

Los equipos de alimentos generalmente se limpian diariamente después del procesamiento, pero si estos se usan para procesar diferentes productos (por ejemplo, un mezclador), deben limpiarse antes de cambiar a un nuevo programa de procesamiento. En este caso, es esencial desmontar y ensamblar de manera fácil y rápida, y se necesitan uniones y conexiones que requieran un trabajo mínimo. La calidad adecuada de los materiales, utilizados en la construcción del equipo, es importante para evitar la interacción con los alimentos y la estabilidad del equipo. Los factores de calidad para los materiales son:

- el peso total del equipo (el equipo más pesado suele ser más robusto),
- la calidad de la mano de obra del material (suavidad de la superficie, tipo de soldadura),
- la cantidad de materiales relativamente caros utilizados (acero inoxidable, teflón, aislamiento),
- la protección antioxidante (galvanización doble o electrolítica, pinturas especiales) y la calidad de los elementos constructivos básicos, como cojinetes y sellos.

La tecnología a usar en la fabricación de concentrado de tomate es semi-industrial. Entre los equipos más importantes se encuentran: la marmita, molino de martillo e intercambiadores de calor. De esta maquinaria la mayoría será adquirida localmente.

Equipo de procesamiento mecánico

La reducción del tamaño se puede lograr mediante métodos mecánicos, sin el uso de calor. Los criterios básicos para clasificar los procesos de reducción de tamaño son

- el tamaño final de los productos de tamaño reducido,
- el tipo y la forma en que se aplican las fuerzas,

- las características de construcción del equipo de reducción de tamaño.

Con base en el tamaño final de los productos, se distinguen los métodos principales de reducción de tamaño: corte, trituración y molienda.

Se sugiere la siguiente distinción de operaciones de reducción de tamaño con respecto al tamaño final de los productos:

- Rompiendo: > 0,15cm
- Trituración: 0,8cm-0,15cm
- Trituración fina: 750 μ m-8mm
- Fresado: 50-750 μ m
- Fresado coloidal y fino: < 50 μ m

2.2.1.5 Manejo de materiales

El manejo de materiales constituye parte fundamental en la distribución en planta y para ello se consideran principios básicos, así como también la descripción de lo que se hará en el modelo de empresa agroindustrial respecto a manipular materiales, aparatos de manipulación, material a transportar, y el material de embalaje y las unidades embaladas.

Es importante mencionar que el objetivo del manejo de materiales es transportar estos de un punto a otro, sin retroceder, con un mínimo de transbordos, y entregarlos en los lugares de trabajo o los centros de producción apropiados con el fin de evitar los atascos, los retrasos y las manipulaciones innecesarias.

Algunos de los principios fundamentales son:

- Combinación de operaciones para evitar cualquier manipulación o transporte, como es el caso del lavado y la selección que se realizan una después de la otra casi de manera simultánea considerando que de una etapa pasa a la otra sin ninguna manipulación innecesaria.
- Utilización de la gravedad, como el caso de la operación de selección, que ocupa una mesa inclinada donde los tomates se revisan y por gravedad caen en una jaba dispuesta al final de la mesa.
- En el caso en que la gravedad no se ha podido ocupar, se ocuparán elementos mecánicos como es el caso de los carros en los cuales se estibarán las jabas

para el transporte de una operación a la otra, manipulación realmente necesaria.

- Fijación de rutas definidas en el proceso, las cuales ayudan a evitar los retrocesos.
- Elección de aparatos sencillos para la manipulación, como son los carritos que se ocuparán en el movimiento en algunas operaciones y el *ballet jack* usado para mover las tarimas.
- En el almacenamiento de materiales se ha procurado apilarlos hasta la altura adecuada sin sufrir daños, tratando de ocupar con eficacia el espacio del piso.
- Se han considerado los espacios necesarios para la circulación de los aparatos que manipulan los materiales.

2.2.2 Desarrollo preliminar del caso base

Cuando se culmina la etapa de creación del proceso se procede al desarrollo detallado del diagrama de flujo. Los flujos involucrados se determinan mediante un balance de materia y energía de cada proceso (García, 2017).

2.2.2.1 Diagrama de flujo en bloques.

Los procesos de producción se esquematizan mediante un diagrama de flujo preliminar en bloques (Anexo 3). Consisten en una serie de bloques que representan los diferentes equipos u operaciones unitarias, los cuales se encuentran conectados por corrientes de entrada y salida donde cada bloque en el diagrama representa una función del proceso.

De esta manera podemos visualizar rápidamente las diferentes líneas de proceso que se tendrán y las interacciones o correlaciones que pueda haber entre ellas, así como los productos que saldrán y las materias primas, materiales o insumos que se requerirán (García, 2017).

2.2.2.2 Capacidad de la planta.

La capacidad de la planta se debe definir considerando varios factores: en base a un estudio de mercado, a un análisis de la factibilidad técnica y económica del

proyecto y a la disponibilidad de la materia prima. En algunas ocasiones también puede influir la capacidad de los equipos de línea existentes en el mercado.

2.3 Procedimiento para los balances de materia y energía.

Los principios y técnicas de los balances de materiales y energía de la ingeniería química son, en general, aplicables a la mayoría de los cálculos de procesos alimentarios. Sin embargo, estos requieren atención especial debido a la complejidad de los materiales y la importancia de la calidad de los alimentos. En los balances de materiales, es difícil obtener datos exactos sobre la composición de los alimentos, debido a la variabilidad incluso para el mismo material alimenticio. Las variaciones se deben a la variedad, las condiciones de crecimiento y la edad de las materias primas.

Se pueden realizar balances simples de materiales y energía en operaciones mecánicas y de conservación de calor. Las operaciones simultáneas de transferencia de calor y masa, como secado, escaldado, horneado e inyección de vapor, pueden requerir un análisis más detallado y una verificación experimental de los supuestos sobre la composición de los alimentos y los requisitos de energía. Debido a la variabilidad de los materiales de alimentos crudos, los balances de materiales y energía pueden requerirse periódicamente, durante la operación de las plantas de procesamiento de alimentos. Los balances de masa y energía se realizan con el objetivo fundamental de evaluar el proceso de producción y determinar la capacidad de la planta (Saravacos y Kostaropoulos, 2016).

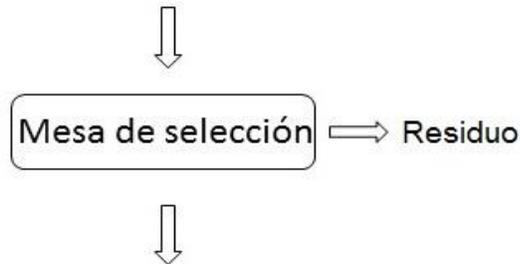
Una vez definida la capacidad de la planta y el diagrama de flujo del proceso, se realiza el balance de materia y energía para las líneas de procesamiento, el cual se puede realizar tomando de base el diagrama de bloques elaborado y en cada bloque o rectángulo se calculan las entradas y salidas para indicar el sentido y la cantidad de flujo de materia o energía involucradas en cada operación unitaria o etapa del proceso.

2.3.1 Procedimiento para el balance de masa.

Los balances de masa son una herramienta eficiente en el estudio de producción, y contribuye a la determinación de las cantidades de materiales necesarios. Luego del

análisis de las corrientes que intervienen en el proceso, así como sus parámetros, se hace necesario emplear un balance de materia debido al desconocimiento de algunas de ellas.

2.3.1.1 Balance de masa en la Etapa 1: recepción y almacenamiento y en la Etapa 2: lavado y selección.



El concentrado de tomate depende de la calidad de la materia prima, por esta razón se debe tener una correcta selección de la misma. El proceso de selección consiste en eliminar los tomates no aptos para el procesamiento provenientes del almacén, entre ellos: dañados por el sol, podridos, atacados por mohos, insectos, etc.

El 5 % de la materia prima que se almacena es rechazada en la mesa de pre-selección y el 1 % en la mesa de selección. Para conocer la cantidad de materia prima que continúa en el proceso se hace uso de un balance total y del porcentaje de residuo (Coronado e Hilario, 2001).

$$\% \text{ de residuo} = \% \text{ merma en pre-selección} + \% \text{ merma en selección.} \quad (2.1)$$

$$\% \text{ de residuo} * F .MP \text{ entra} = F .MP \text{ rechazo} \quad (2.2)$$

$$F .MP \text{ entra} - F .MP \text{ rechazo} = F .MP \text{ proceso} \quad (2.3)$$

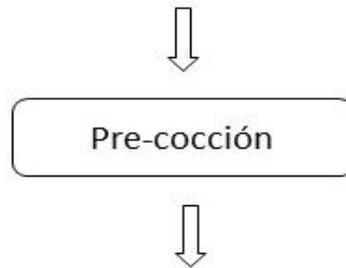
Donde:

F. MP entra: flujo de la materia prima que entra al almacén.

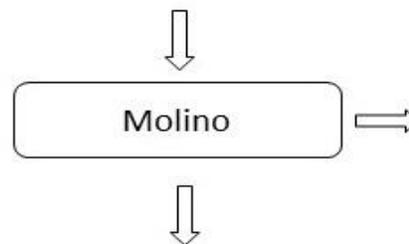
F. MP rechazo: flujo de la materia prima que se rechaza en la mesa de pre-selección y selección.

F. MP proceso: flujo de la materia prima que va a la etapa de pre-cocción y trituración.

2.3.1.2 Balance de masa en la Etapa .3: Pre-cocción y trituración.



El proceso de pre-cocción consiste en pasar los tomates en agua caliente a una temperatura que oscile entre 85°C y 90°C durante 5 minutos. La operación de precalentamiento facilita la separación de la piel del tomate y mayor eficiencia en la trituración. El flujo de materia prima que va a la etapa de pre-cocción es igual al que entra al molino. Una vez que el tomate es pre-calentado se somete al proceso de trituración y tamizado.



En el molino se tritura el tomate; esta operación se realiza con la finalidad de transformar el tomate a un estado de jugo pastoso y mediante un mecanismo interno del equipo ocurre la separación de pieles, semilla y otras materias extrañas del jugo de tomate por medio de tamizadores. El residuo de semillas y piel del tomate representa el 6 % de la materia prima que entra al proceso de triturado y tamizado (Coronado y Hilario, 2001).

$$6 \% * F. MP calentado = F. residuo \quad (2.4)$$

$$F. MP calentado - F.MP residuo = F. pulpa \quad (2.5)$$

Donde:

F. MP calentado: flujo de materia prima pre-calentada

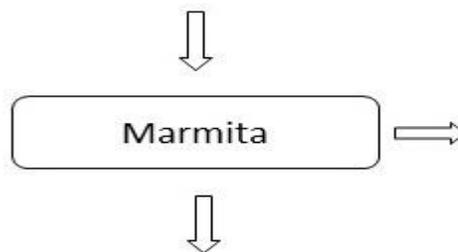
F. residuo: flujo del residuo

F. pulpa: flujo de la pulpa de tomate.

2.3.1.3 Balance de masa en la Etapa 4: Cocción.

La Etapa. 4 tiene como objetivo concentrar la pulpa y eliminar el exceso de agua. Entre las variables a controlar, se encuentra, el % S.S o Grados Brix ($^{\circ}$ Brix). El puré de tomate se concentra hasta 28-30 $^{\circ}$ Brix aproximadamente, parámetro indispensable para la calidad del producto.

El tomate cuenta con un valor de humedad de 94 %, lo que representa una gran cantidad de agua en el mismo. En la operación de cocción se evapora una cantidad de agua significativa, que representa el 30 % del agua contenida en la pulpa de tomate. El ácido cítrico es un regulador del pH, y mediante la Tabla 2.3 se calcula el flujo a utilizar (Díaz, 2017).



$$F. \text{ pulpa} * \% \text{ humedad del tomate} = P. \text{ agua} \quad (2.6)$$

$$P. \text{ agua} * \% \text{ evaporación} = W. \text{ evaporada} \quad (2.7)$$

$$F. \text{ pulpa} - W. \text{ evaporada} + F. \text{ ac} = F. \text{ concentrado} \quad (2.8)$$

Donde:

F. pulpa: flujo de la pulpa de tomate.

P. agua: peso en la pulpa.

% evaporación: % de agua que se evapora en la cocción.

W evaporada: agua evaporada en la cocción.

F.ac: flujo del ácido cítrico.

F. concentrado: flujo de la pulpa de tomate concentrada.

La siguiente tabla muestra las variables que se controlan en los equipos en el proceso de concentración del tomate, necesarios para el balance de masa.

Tabla 2.7. Datos para los balances de masa.

Equipos	Variables	Valor
1. Mesa de pre-selección	Flujo de tomate que entra.	410,74 kg/h
	% de rechazo	4-5 %
2. Mesa de selección.	% de residuo	0,5-1 %
3. Marmita de pre-cocción	Agua evaporada	0 %
4. Molino refinador.	% de residuo	10 %
5. Marmita de cocción.	% de agua evaporada	30 % del agua contenida
	% de humedad del tomate	94 %
	pH de la pulpa.	4,5

Fuente: Coronado e Hilario (2001).

2.3.2 Procedimiento para el balance de energía.

Los balances de energía se calculan en los límites de un proceso de alimentos, a partir de la ecuación de conservación de energía (primera ley de la termodinámica) en el sistema:

$$\Delta H = Q - W \quad (2.9)$$

Donde:

ΔH : variación de entalpía, kJ/h

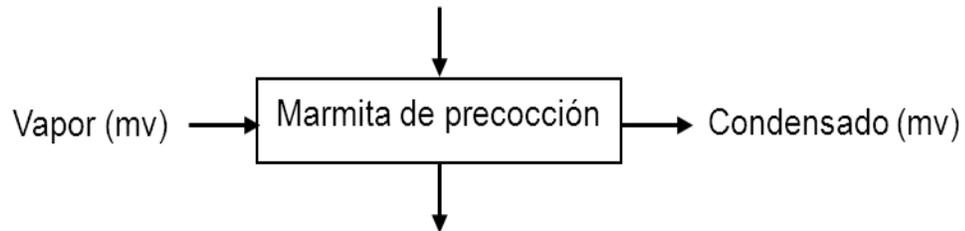
Q: calor transferido, kJ/h

W: trabajo, kJ/h

Para los cálculos preliminares de diseño y el tamaño del equipo, la forma principal de energía considerada es el calor. Los balances de materiales y energía son esenciales en el diseño de procesos alimentarios, equipos de procesamiento,

servicios de proceso y plantas de tratamiento de residuos, en la optimización y el control de procesos, y en el análisis de costos del proceso y la planta de procesamiento.

2.3.2.1 Balance de energía en la etapa de pre-cocción.



$$Q. \text{ abs} + Q. \text{ per} = Q. \text{ ced} \quad (2.10)$$

$$Q. \text{ per} = 10 \% * Q. \text{ ced} \quad (2.11)$$

Al sustituir la ecuación 2.11 en la ecuación 2.10, queda de la siguiente forma:

$$Q. \text{ abs} + 0,1 Q. \text{ ced} = Q. \text{ ced} \quad (2.12)$$

$$Q. \text{ abs} = 0,9 Q. \text{ ced} \quad (2.13)$$

$$Q. \text{ abs} = m * C_p * \Delta T \quad (2.14)$$

Donde:

Q. abs: calor necesario para conseguir un incremento de temperatura, kJ/h.

m: masa del tomate a calentar, kg/h.

Cp: calor específico del tomate, kJ/kg °C.

ΔT: variación de temperatura, °C.

$$Q. \text{ ced} = m_v * \lambda_{\text{cond}} \quad (2.15)$$

Donde:

Q: calor requerido para el cambio de fase del agua, kJ/h.

m_v: flujo de vapor, kg/h.

λ_{cond}: calor de condensación, kJ/kg.

Para determinar el calor específico del puré de tomate (C_p), se emplea la ecuación (2.16) propuesta por Choi y Okos (1986), que se encuentra en función de la concentración de sólidos solubles y la temperatura de la disolución.

$$C_p = C_{pw} \cdot (1 - X_S) + C_{pS} \cdot X_S \quad (2.16)$$

$$C_{pw} = 4,1878 - 0,000745 \cdot T + 0,000009859 \cdot T^2 \quad (2.17)$$

$$C_{pS} = 1,5785 + 0,01096 \cdot T + 0,00002163 \cdot T^2 \quad (2.18)$$

Donde:

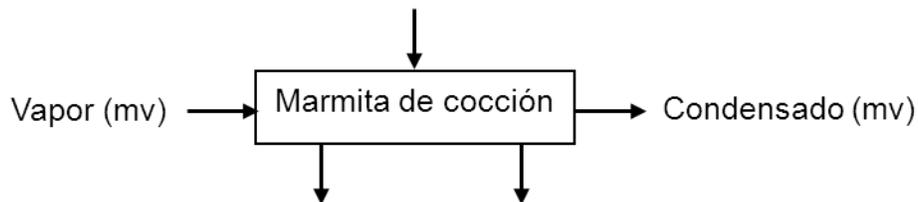
C_{pw}: Calor específico del agua presente en el puré de tomate, kJ/kg°C

C_{pS}: Calor específico de los sólidos solubles presentes en el puré de tomate, kJ/kg°C

X_S: Fracción másica de sólidos solubles en el puré de tomate, °Brix.

T: Temperatura media del puré de tomate, °C.

2.3.2.2 Balance de energía en la marmita de cocción.



Para realizar el balance de energía en la marmita de cocción se hace uso de las mismas expresiones anteriores, pero en lugar de emplear la ecuación 2.14, se utiliza la ecuación 2.19.

$$Q_{\text{abs}} = (m_c \times C_p \times \Delta T) + (m_{Ae} \times \lambda_v) \quad (2.19)$$

Donde:

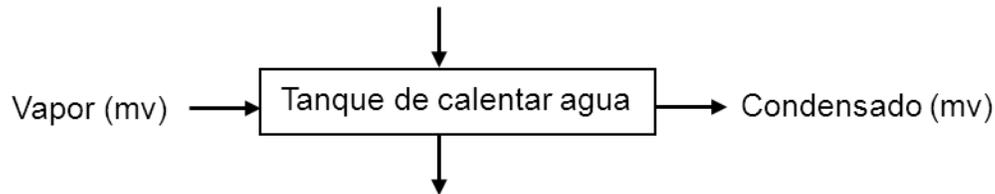
m_{Ae}: flujo de agua evaporada, kg/h

m_c: flujo del concentrado, kg/h

λ_v: calor de vaporización, kJ/kg.

Los calores de condensación y vaporización mencionados se determinan a partir de *Steam Tables* (Keenan *et al.*, 1992).

2.3.2.3 Balance de energía en el tanque de pasteurizar.



Para el balance de energía en el tanque de pasteurizar se emplean también las ecuaciones antes mencionadas, teniendo en cuenta que en este caso la sustancia que absorbe energía es el agua.

2.4 Selección de los principales equipos

La selección del equipo de procesamiento de alimentos se basa en la idoneidad para la aplicación prevista, las características de construcción y funcionamiento del equipo y los costos de compra y mantenimiento.

2.4.1 Intercambiadores de calor.

Para la determinación del área de transferencia de calor en los intercambiadores se emplean las siguientes expresiones.

$$Q = UAF_T LMTD \quad (2.20)$$

$$LMTD = \frac{\Delta T_{mayor} - \Delta t_{menor}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{menor}}{\Delta T_{mayor}}\right)} \quad (2.21)$$

Donde:

Q: calor intercambiado

U: coeficiente global de transferencia de calor (W/m²°C)

A: área del intercambio de calor (m²)

F_T: factor de corrección

LMTD: es la diferencia de la temperatura media logarítmica (°C)

2.4.2 Tanques involucrados en el proceso

Los tanques necesarios en la planta se seleccionan a partir de los consumos y capacidades de la misma. Se deben tener en cuenta los materiales de construcción que sean menos costosos, fáciles de adquirir y que se encontraran recomendados en las normas cubanas de alimentos (NC 475:2006).

2.5 Cálculo de la inversión inicial

El costo de adquisición de los equipos (C_{bm}) ha sido estimado mediante los costos directos e indirectos del módulo simple teniendo en cuenta:

Costos directos

- Costo de adquisición del equipo en el lugar donde se fabrica.
- Materiales de instalación (tuberías, aislantes, protección al fuego cimientos y soportes, instrumentación, pintura del equipo y electricidad).
- Mano de obra para instalar el equipo.

Costos indirectos

- Transporte, seguros e impuestos. Incluye todos los costos de transportación de equipos y materiales hasta la planta, los seguros e impuestos aplicables.
- Sobrecargas de construcción. Proporciona beneficios como: seguridad social, salarios, seguro de desempleo, enfermedad vacaciones y sobrecargas del personal supervisor).
- Gasto del contratista de ingeniería. Incluye los salarios y sobrecargas para el personal de ingeniería, dibujo y proyectos.

Costo total del módulo (C_{tm})

Se conforma por los costos de contingencia que tienen en cuenta todas las pérdidas en el tiempo de instalación que pueden ser circunstancias imprevistas como pérdidas de tiempo por tormentas o accidentes, pequeños cambios en el diseño, incrementos de precios imprevistos, se estima en un 15 % del C_{bm} .

Además incluye los servicios del contratista, varían en función del tipo de planta, se estima en un 3 % del C_{bm} .

$$C_{tm} = 1,18 \Sigma C_{bmi} \quad (2.22)$$

Costo de desmonte y construcción (C_{gr})

Se aplica cuando se comienza la construcción en un lugar sin desarrollo.

- Desarrollo del lugar (costo del terreno, excavación, agua, drenaje, viajes, parqueos, aceras, instalaciones eléctricas).
- Construcciones auxiliares (oficina de administración, taller de mantenimiento, sala de control, taquillas, cafeterías, consultorios).
- Exteriores y utilidades (almacenes de materia prima y de productos; los equipos que suministran las utilidades como: agua, vapor, electricidad; equipos de control ambiental y de protección contra incendios).

Incluye el costo de facilidades auxiliares el cual es un 35 % del C_{bm} .

$$C_{gr} = C_{tm} + 0,35 \Sigma C_{bm} \quad (2.23)$$

$$C_{gr} = FCI \quad (2.24)$$

FCI: Capital fijo invertido o capital total inmovilizado.

$$\text{Capital circulante (IC)} = 15 - 20 \% (FCI) \quad (2.25)$$

$$I_i = FCI + IC \quad (2.26)$$

2.5.1 Estimación de costos operacionales.

El costo de operación (COM) puede ser estimado cuando los costos siguientes son conocidos o han sido estimados:

1. Capital Fijo Invertido (FCI)
2. Costo de Mano de Obra (C_{OL})

Se determina:

$$C_{OL} = Sal * OL \quad (2.27)$$

Donde:

Sal : salario anual, CUP/a

OL: número de operadores necesarios

3. Costo de Utilidades (C_{UT}). Incluye costos de electricidad, vapor de calentamiento, agua de enfriamiento, combustible e insumos (Anexo 4).

4. Costo de Materia Prima (C_{RM}).

Los factores para estimar el costo de operación se muestran en el (Anexo 5). El costo de operación se determina como:

$$COM = DMC + FMC + GE \quad (2.28)$$

Donde:

DMC: costos directos de operación (CUP)

FMC: costos fijos de operación (CUP)

GE: gastos generales de operación (CUP)

2.6 Principales indicadores económicos del proceso.

2.6.1 Cálculo del valor de la producción.

El valor de la producción es el valor económico de lo producido, conocido también como ingresos. Depende del volumen de producción y del valor unitario del producto.

$$Vp = pup \ N \quad (2.29)$$

Donde:

Vp: valor de la producción (CUP)

pup: Precio unitario del producto (CUP/botellas)

N: Volumen de producción (botellas)

2.6.2 Cálculo de la ganancia de la producción.

La ganancia o utilidad económica, es determinada como la diferencia existente entre el valor de la producción y el costo de producción total. Este debe tener signo positivo, pues de lo contrario indicaría pérdidas económicas.

$$G = Vp - COM \quad (2.30)$$

Donde:

G: ganancia de la producción (CUP)

2.6.3 Cálculo del costo unitario del producto.

El costo unitario es el costo variable que se produce por cada unidad de producción. Su valor es siempre fijo para el mismo nivel de eficiencia.

$$CUP = \frac{COM}{N} \quad (2.31)$$

Donde:

CUP: costo unitario del producto (CUP/botella)

2.6.4 Cálculo del punto de equilibrio o punto de ganancia nula.

Es el punto donde los ingresos totales recibidos se igualan a los costos asociados con la venta de un producto. Un punto de equilibrio es usado comúnmente en las plantas industriales para determinar la posible rentabilidad de vender determinado producto.

$$No = \frac{COM}{pup} \quad (2.32)$$

Donde:

No: punto de equilibrio (botellas)

2.7 Retorno de la inversión.

Este indicador permite evaluar el beneficio o la utilidad obtenida en relación a la inversión realizada, expresándose en proporción o porcentaje.

Se puede obtener mediante la siguiente relación:

$$Rn = \frac{G}{I_i} \cdot 100 \quad (2.33)$$

Donde:

Rn: retorno de la inversión (%).

2.7.1 Plazo de recuperación de la inversión.

El plazo de recuperación de la inversión, es el tiempo (años) que la planta se tarda en recuperar el desembolso inicial realizado en una inversión. Es considerado un indicador que refleja el riesgo relativo y constituye un instrumento financiero.

$$PRI = \frac{I}{G} \quad (2.34)$$

Conclusiones parciales

1. El procedimiento para el diseño preliminar de una PyME de procesamiento de tomate se confecciona en base a la experiencia y a la literatura especializada.
2. Mediante las etapas del proceso se conocen las operaciones del mismo.
3. Mediante un balance de masa y energía se puede conocer los flujos y composiciones en el proceso, así como el consumo de vapor y combustible.
4. Se identifican los principales indicadores para efectuar un análisis económico de la planta.

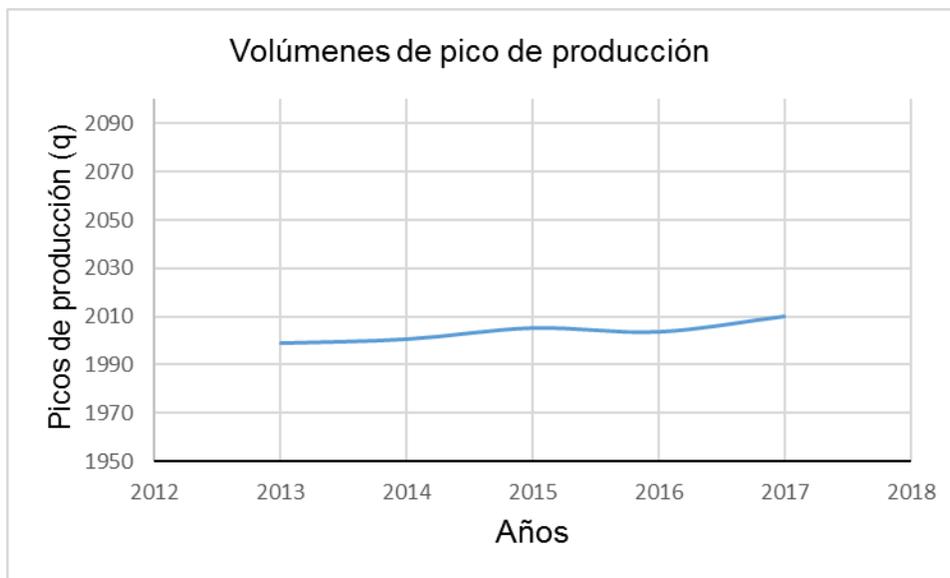
Capítulo III. Análisis de los resultados

En el presente capítulo se analizan los resultados obtenidos al desarrollar la propuesta preliminar de diseño del caso base para la producción de concentrado de tomate, en el municipio de Unión e Reyes. Se explica detalladamente el diagrama de flujo del proceso, se seleccionan los principales equipos, se determina el costo de inversión inicial de la planta y se calculan los principales indicadores económicos de la producción.

3. 1 Creación de la base de datos preliminar.

En la siguiente gráfica (Gráfica 1), se muestran los volúmenes pico de cosecha de tomate industrial durante los últimos cinco años, el cual se ubica en el período comprendido entre los meses de diciembre a febrero. Para ello se asume que dicha cantidad se recoge en un solo mes, con el propósito de efectuar un sobre-diseño de la planta que permita enfrentar situaciones como: sobreproducciones en el propio municipio de Unión de Reyes o necesidad de asimilación de las cosechas de otras regiones.

Gráfica. 1: Picos de cosecha de tomate industrial



Fuente: Elaboración propia

Como resultado del análisis del gráfico obtenido, en función del comportamiento de los valores durante los últimos cinco años, se puede estimar que el volumen de materia prima a procesar en la planta es de 2 000q/mes, lo que equivale a 410,74kg/h. Por lo tanto, la capacidad de la planta se define en función de este valor.

3.2 Síntesis preliminar del proceso.

3.2.1 Tipo de proceso.

Según criterio de Márquez (2003), un sistema discontinuo debe tener flujos menores que 5 000 t/a. Además, según Turton (2013) los procesos discontinuos son dominantes en las industrias de alimentos y están más lejos de trabajar de forma óptima cuando están diseñados discontinuamente.

Esta planta tendrá proceso discontinuo debido a que se procesan volúmenes pequeños 410,74 t/a y la jornada laboral se refleja en el período donde se alcanza el pico de producción del tomate (diciembre hasta abril).

3.2.2 Materias primas e insumos.

La materia prima se selecciona teniendo en cuenta los principios de calidad del tomate, entre los que se encuentran: que estén enteros, con aspecto fresco, sanos y exentos de podredumbre o deterioro que hagan que no sean aptos.

Para el concentrado, existen parámetros normados que aseguran la calidad del mismo. Por ejemplo, el pH es controlado mediante la adición de ácido cítrico, teniendo en cuenta la relación de proporcionalidad reflejada en la Tabla 2.3 (Coronado e Hilario, 2001).

3.2.3 Descripción del nuevo proceso tecnológico de producción.

El puré de tomate concentrado, es un producto natural, inocuo y saludable, libre de cloruro de sodio, ácido ascórbico u otros preservantes, antioxidantes o aditivos químicos de cualquier naturaleza. A continuación, se muestra una descripción detallada de las diferentes etapas del proceso tecnológico.

Etapa 1: Recepción y almacenamiento.

El proceso de producción de puré de tomate concentrado se inicia con el pesaje y recepción de la materia prima. Los tomates llegan a la industria en *pallets* o cajas y son descargados en el área de recepción. En esta área las condiciones higiénico - sanitarias deben ser las adecuadas: los pisos, paredes y techos limpios, apropiada ventilación y sin la presencia de insectos, roedores o cualquier otro tipo de animales. Además, no se recomienda dejar almacenada por más de tres días la materia prima, antes de procesarla, porque esto puede provocar su deterioro o descomposición.

Etapa 2: Lavado y selección

Después de un almacenamiento temporal, mediante una pre-selección se separan los tomates verdes o dañados, que no están aptos para el procesamiento. Los tomates son lavados en una tina de agua tratada con hipoclorito de sodio, para eliminar la suciedad y reducir la carga microbiana que los acompaña. Posteriormente, son transportados manualmente, para ser descargados en las mesas de selección, donde son separados los restos de pedúnculos, hojas o cualquier otra suciedad proveniente del campo.

Etapa 3: Pre-calentamiento, trituración y tamizado

Los tomates seleccionados se alimentan para ser precalentados entre 75– 80°C. Esto garantiza un buen rendimiento en la fase sucesiva: extracción y refinación del jugo. Este proceso de cocción es importante para romper las membranas celulares del tomate y lograr el desprendimiento de la piel. En esta etapa se añade agua, que depende del volumen que ocupa el tomate para evitar que se queme el producto y permitir que se ablande. Se toma muestras de pulpa y se verifica el pH, acidez, etc., para determinar la cantidad de ácido cítrico a adicionar en la etapa de cocción.

Después de la pre-cocción se transporta manualmente, hacia el molino, que tiene la función de triturar y tamizar el tomate. El principio de operación del equipo para la refinación, hace pasar la pulpa a través de un tamiz, de manera que sólo permite el paso a la parte pulposa. En esta operación se obtienen dos corrientes, el producto deseado mediante una pulpa y la corriente de residuo donde se encuentra la fibra,

las semillas y la piel del tomate. La pulpa es descargada en cubetas rectangulares cuya capacidad dependerá de las características del molino rectificador (Departamento de Tecnología, 2010).

Etapa 4: Evaporación.

Durante la cocción se disminuye la humedad de los productos mediante la evaporación parcial del agua contenida en la mezcla. La tecnología existente para la evaporación parte de un mismo principio: calentar el producto hasta ebullición para que se desprenda el agua contenida en forma de vapor. El equipo más común que se utiliza para esta operación es la marmita con camisa de vapor y agitador.

El puré de tomate se concentra de 28-32°Brix aproximadamente, y cuando el refractómetro muestra el valor indicado anteriormente, el jugo se alimenta al tanque de balance de la línea de envasado. Especialmente cuando se emplea jugo y se concentra, es indispensable conocer el punto final de la salsa, lo cual se logra por la determinación de la densidad, el índice de refracción y el porcentaje de sólidos totales, estos dos últimos se pueden conocer con el refractómetro. El porcentaje de sólidos totales debe llegar aproximadamente a un 30 % que corresponde a un índice de refracción de 1,385 y a una densidad de 1,155 kg/L (Díaz, 2017). El otro parámetro que se le mide es el pH, ya que es precisamente en la etapa de cocción donde se añade el ácido cítrico para regular la acidez (Coronado e Hilario, 2001).

Etapa 5: Envasado.

Una vez llegado al punto final de cocción se retira el concentrado de tomate de la fuente de calor. Después del trasvase manual es depositado en un tanque cilíndrico provisto de un agitador donde el objetivo de esta etapa es mantener el producto que sale de la etapa de cocción a 85-90°C. En esta etapa se toman muestras del producto y se hace una verificación final a los parámetros de calidad del concentrado.

Los envases seleccionados son las botellas de vidrio con sus chapas, debido a que son menos costosas y más fáciles de adquirir.

El producto se envasa en caliente a una temperatura no menor de 85-90°C, la cual mejora la fluidez del producto durante el llenado y a la vez permite la formación de

un vacío adecuado dentro del envase. Esto ayuda a alcanzar la temperatura de cierre rápidamente y permite asegurar mínimas cargas microbiológicas presentes en los productos.

Para evitar el choque térmico del envase de vidrio con el producto caliente, este debe estar aún caliente después de salir de la enjuagadora con agua. El llenado se realiza hasta el ras del envase y se coloca inmediatamente la tapa. El producto caliente se vierte en el depósito de la llenadora y se efectúa de forma manual, y mediante una llave se deja caer por gravedad el producto en el interior del envase. Los frascos, tapas y envases en general, deben ser inspeccionados y enjuagados con agua caliente a 75°C, para eliminar cualquier material extraño que pudiera estar presente y reducir la carga bacteriana antes de usarse. Aun cuando muchos proveedores aseguran la sanidad de sus envases, normalmente la logística de su manejo y almacenamiento pueden provocar contaminaciones, por eso es recomendable lavarlos. En la línea de envasado se debe verificar que los recipientes no estén rajados, ni deformes, limpios y desinfectados (Díaz, 2017).

Etapas 6: Pasteurización.

Una vez envasado y tapado se transporta de forma manual hacia las tinas de pasteurización, donde el envase es sumergido dentro de la tina en agua caliente. Este proceso se efectúa durante un determinado período de tiempo a temperaturas específicas según el producto, para asegurar la destrucción de los microorganismos. Esta operación se puede llevar a cabo en un tanque abierto o autoclave con agua caliente donde se introducen los frascos en canastilla. En este caso la operación se realizará en un tanque calentable.

En la pasteurización se emplea vapor de agua como agente de calentamiento, este proceso permite disminuir la población bacteriana y evitar la degradación de las propiedades organolépticas del producto como son el sabor, olor y color.

Etapas 7: Enfriamiento.

Después del tratamiento térmico aplicado a los productos envasados, se deben someter a enfriamiento, que debe ser lo más rápido posible para conservar su calidad y asegurar la formación del vacío dentro del envase. Al enfriarse el producto,

ocurrirá la contracción del concentrado dentro del mismo, lo que viene a ser la formación de vacío, factor más importante para la conservación del producto. Evita el deterioro en el producto debido a una sobre-cocción o degradación de componentes sensibles a la temperatura que podría repercutir en el cambio de color del fruto o en el cambio de su textura, además se evita que se reproduzcan las bacterias termófilas.

Etapa 8: Etiquetado y almacenado.

El etiquetado del producto constituye la etapa final del proceso de elaboración del concentrado, la etiqueta se pega con silicato al envase de vidrio por medio de una máquina o manual. En la etiqueta se debe incluir toda la información sobre el producto como: fábrica elaboradora, dirección, fecha de elaboración o caducidad, lote de producción, código de barras, ingredientes, contenido y número de registro de la Secretaría de Salubridad, etc. Para la aplicación de etiquetas e impresión de códigos, es necesario que el envase esté seco. Los envases ya etiquetados son empacados normalmente en cajas de cartón para su fácil manejo, distribución e identificación.

En el diseño de la planta se considera un espacio para el almacenamiento del producto terminado para su posterior distribución. Se considera como una etapa del proceso ya que implica costos que se incluyen en el costo de producción. El producto no necesita de refrigeración, este debe ser almacenado en un lugar fresco, limpio, semi-oscuro, seco, y con suficiente ventilación a fin de garantizar la conservación del producto hasta el momento de su comercialización (Villanueva, 2016).

3.2.4 Calidad del concentrado de tomate.

Las muestras tomadas por el laboratorio en la etapa de cocción deben cumplir con una serie de parámetros de calidad, para asegurar la eficiente culminación del proceso. Con respecto a estos valores normados, se sabe que la concentración de sólidos solubles naturales totales deberá ser aproximadamente de 28-30 % y el pH inferior a 4,6 (Díaz, 2017). Con esta concentración se puede clasificar como una

pasta de tomate, según las especificaciones de la NC 812:2006 “Concentración de tomate elaborado” (NC 812:2006).

3.2.5 Selección de los principales equipos.

Las dimensiones de los equipos se basan, en gran medida, en los balances de masa y energía en torno a cada unidad de proceso. Se necesitan propiedades de ingeniería de alimentos y bancos de datos, especialmente propiedades de transporte, para los cálculos según Saravacos y Kostaropoulos (2016). Los cálculos de tamaño proporcionan datos preliminares sobre las dimensiones del equipo y los requisitos para los servicios públicos (vapor, agua, refrigeración y energía). Normalmente, se utiliza una capacidad de sobredimensionado del 10-20 % para tener en cuenta los problemas de producción, por ejemplo, la descomposición de una unidad crítica y para alcanzar los picos de producción. También es aconsejable sobredimensionar, cuando las condiciones operativas o medioambientales cambian sustancialmente.

Para la selección de los equipos se tuvo como referencia las operaciones del proceso de producción y el objetivo de cada una de ellas, siempre teniendo en cuenta el volumen de producción total que se desea alcanzar, para así determinar las especificaciones de algunos equipos y la cantidad de unidades a utilizar (Ver Anexos 6 y 10).

3.2.5.1 Equipo de trituración y molienda

El molino seleccionado para la planta es el de martillo (Ver Anexo 8 a), debido a que su costo no es tan elevado y por ser uno de los más usados en la industria de alimentos.

Según el criterio de Saravacos y Kostaropoulos (2016), la mayoría de los alimentos que se someten a trituración y molienda, alcanzan un tamaño de aproximadamente 0,5mm. Además, en el procesamiento de alimentos, la calidad del producto final es más importante que la exactitud de su tamaño.

El molino de martillo es uno de los equipos más utilizados para reducir el tamaño de los alimentos por las fuerzas de impacto. Se utiliza para producir una amplia gama de partículas medianas a finas. El producto molido puede ser seco, húmedo

o incluso irregular, blando, quebradizo, cristalino o fibroso. Los molinos de martillo consisten en un rotor, que incluye varillas. El producto alimentado en la cámara es golpeado por los martillos que giran rápidamente, y sale de la cámara, cuando puede pasar a través del tamiz en su parte inferior. La finura de la molida depende de la consistencia y humedad del producto a moler, de la velocidad del rotor, del tipo de herramientas utilizadas, del diámetro de los orificios del tamiz y del espacio libre entre las herramientas giratorias y el tamiz.

Generalmente es empleado en frutos como manzanas, peras, tomate y otras libres de sus semillas.

Las principales ventajas de los molinos de martillo son las siguientes:

- procesan un volumen relativamente pequeño
- pueden usarse en la producción de una amplia gama de partículas que son de interés en el procesamiento de alimentos
- pueden usarse en una gran variedad de alimentos (fibroso, húmedo, seco)
- tienen un requerimiento de energía relativamente bajo

En este caso, el molino triturador de martillo seleccionado posee las siguientes características:

- Martillos fijos con diámetro de 250x30mm en una cámara con reja en acero inoxidable.
- Estructura de soporte en acero inoxidable con ruedas
- Cámara de trituración
- Tolva para carga y otra de descarga fabricados en acero inoxidable
- Sistema móvil de cerrado de la cámara de trituración máquina batidora giratoria
- Motor de 3kW de potencia eléctrica, en base a polea con bandas trapezoidales y Carter de protección
- Partes en contacto con el producto fabricadas en acero inoxidable AISI 304

3.2.5.2 Equipo de cocción.

Una marmita es una olla de metal, generalmente cubierta con una tapa que queda totalmente ajustada. Se utilizan a nivel industrial para procesar alimentos nutritivos, mermeladas, jaleas, chocolate, dulces y confites, carnes, bocadillos,

salsas, etc. Además, sirven en la industria química farmacéutica. Dependiendo de sus componentes existen diferentes tipos de marmitas, como es el caso de las marmitas de vapor con chaqueta, de refrigeración con chaqueta, con agitador, al vacío, de gas y con calentador eléctrico.

En este caso se necesitan dos equipos: uno para llevar a cabo el proceso de pre-cocción y otro para la cocción. Se selecciona la marmita con camisa de vapor (Ver Anexo 8 b) de 500L, ya que es el equipo que se utiliza para calentar y evaporar en las pequeñas y medianas industrias de alimentos. Son fáciles de controlar, limpiar, etc. Sus características se muestran a continuación:

- Con fondo, parte externa y doble fondo (aislado) de acero inoxidable AISI 304
- Una tapa abrible en dos mitades (una parte está fija) con micro de seguridad, con conexiones para la llegada de la pulpa de tomate y el lavado
- La cuba está fija con válvulas de descarga por el fondo DN 50 y con colector de conexión a la bomba
- Calentamiento del doble fondo por medio de vapor a 3bar, completo de trampa de vapor con manómetro, válvula manual, filtro de vapor y válvula ON/OFF, grupo de descarga del condensado
- Potencia instalada: 1,5kW cada marmita
- Mezclador a anclas con su sistema en plástico de rascado con moto reductor de 1,5 kW. alimentación trifásica 220V- 60Hz
- Micro-*switch* de seguridad por la tapa
- Termómetro para medir la temperatura al interior escala 0-120°C
- Válvula de descarga producto DN 40 manual con brida.
- Reducido roscado para llenado de diámetro 25 a 40mm.
- Doble fondo con volumen total de 200 litros
- Trampa de vapor y grupo de descarga del condensado (VARONA, 2017)

3.2.5.3 Mesa de selección

En el caso de estudio se necesitan cuatro mesas de este tipo: una para la preselección, otra para la selección y otras dos para el envasado y el etiquetado, respectivamente (Ver Anexo 8 c).

Las mesas estarán construidas a base de acero inoxidable AISI 304, con dimensiones de 1500x900x900mm, con altura suficiente y bordes para la contención del producto. Además, cuentan con dos pasillos laterales integrados a estas.

3.2.5.4 Complementos de instalación.

Estos complementos son los siguientes:

- Cestas plásticas para el transporte de los tomates dentro de la fábrica.
- Cubos de plástico de aproximadamente unos 20L, para transportar la pulpa por las diferentes etapas.
- Botellas para envasar el producto.

El envasado se realiza de forma manual mediante un equipo de personas, las cuales provistas de embudos de vidrio de cuello ancho y de vasos del mismo material, llenarán los frascos colocados sobre una mesa en acero inoxidable y procederán seguidamente a su perfecto tapado.

3.3 Desarrollo preliminar del caso base.

Mediante el previo análisis de las etapas del proceso, las operaciones del mismo y las corrientes que intervienen, se construye el diagrama de flujo con una información más detallada (Anexo 7).

3.3.1 Definición de la jornada de trabajo para la planta.

Ateniendo a la temporada de cosecha del tomate (diciembre–abril), donde el pico de producción del cultivo se refleja durante 3 meses (diciembre–febrero), se decide que la planta trabaje 5 meses al año y 1 mes para realizar el mantenimiento de los equipos, limpieza de los mismos y de la instalación en general. Esta trabajará 25 días al mes con una jornada laboral de 8 horas al día por las características que definen a este tipo de industria.

3.3.2 Micro-localización de la planta de obtención de concentrado de tomate.

Se propone ubicar la mini-industria en las inmediaciones del municipio de Unión de Reyes en la provincia de Matanzas. Se hace necesario definir algunos factores, que dependen de cada empresa en particular, sus estrategias y objetivos y que influyen en la determinación de la localización.

El municipio cuenta con perfectas condiciones para su desarrollo debido a que es prácticamente agrícola, la mano de obra posee vasta experiencia en el cultivo del tomate. Unión de Reyes limita con otras localidades productoras de dicho cultivo. Además, el municipio manifiesta un gran interés por este tipo de industria y asegura la existencia de personal calificado para trabajar en la planta como la que se propone instalar.

Según estudios realizados para determinar las potencialidades, demostraron que el municipio presenta elevadas producciones de tomate industrial, por lo que la fuente de materias primas es considerable. Por ser un municipio donde predomina la agricultura se cuenta con los medios de transporte y comunicación necesario para el movimiento de la materia prima hacia la zona de procesamiento. Se cuenta con la disponibilidad de agua abundante en el territorio, según la Delegación Municipal de la Agricultura y un mercado muy amplio para la venta de los productos.

3.4 Balances de materiales y energía

Los balances de materiales y energía son esenciales para definir las capacidades y características de los equipos de procesamiento, así como en el análisis de costos del proceso.

3.4.1 Balances de masa

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los balances de masa en las distintas etapas.

Tabla 3.1: *Etapas 1 y 2*

Operaciones del proceso	Flujo que entra (kg/h)	Flujo que sale (kg/h)	Residuos (kg/h)
--------------------------------	-------------------------------	------------------------------	------------------------

Almacén	410,74	410,74	-
Mesa de pre-selección	410,74	390	20,74
Mesa de selección	390	386,1	3,9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.2: Etapa. 3

Operaciones del proceso	Flujo que entra (kg/h)	Flujo que sale (kg/h)	Residuos (kg/h)
Pre-cocción	386,1	386,1	-
Trituración	386,1	347,49	38,61

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.3: Etapa. 4

Operaciones del proceso	Flujo que entra (kg/h)	Flujo que sale (kg/h)	Residuos (kg/h)
Cocción	347,49	249,498	97,992
Producto Final	-	250,25	-

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Balances de energía

En las siguientes tablas se muestran los resultados de los balances de energía en los diferentes equipos.

Tabla 3.4: Marmita (Pre-cocción)

Parámetros	Resultados
Flujo de tomate (kg/h)	386,1

Cp (kJ/kg °C)	4,0251
λ_{cond} (kJ/kg)	2 202,6
Flujo de vapor (kg/h)	43,10

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.5: Marmita (Cocción)

Parámetros	Resultados
Flujo de tomate (kg/h)	347,49
Cp (kJ/kg °C)	4,0251
λ_{cond} (kJ/kg)	2 202,6
Flujo de vapor (kg/h)	113,14
Flujo de agua evaporada (kg/h)	97,992
λ_v del agua (kJ/kg)	2 258

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.6: Tanque de pasteurización.

Parámetros	Resultados
Flujo de agua (kg/h)	500
Cp del agua (kJ/kg °C)	4,18
λ_{cond} (kJ/kg)	2 202,6
Flujo de vapor (kg/h)	61,73

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Resultados de la valoración económica.

Para determinar el capital fijo invertido (FCI) se estima el costo de adquisición de cada equipo involucrado en el proceso (Ver Anexo 9), dadas las capacidades de la

planta. Para ello se empleó el *software* CapCost del año 2015, además de catálogos de fabricantes y equipos empleados en mini-industrias similares. Dichos costos fueron actualizados a partir de los índices de costo mostrados en el Anexo 11.

En la Tabla 3.7 se muestra el costo de adquisición de los equipos, el costo total del módulo (CTM), el costo que incluye el desmonte y construcción (CGR), el capital de trabajo o circulante (FC) y el capital fijo invertido, para el proceso.

Tabla 3.7: Costo de inversión.

Costos	CUP
Costo de adquisición o módulo simple (CBM)	102 318,05
Costo del módulo total (CTM)	120 735,29
Costo del campo de hierbas (CGR)	156 546,60
Capital fijo invertido (FCI)	156 546,60
Costo capital circulante (FC)	36 318,606
Inversión inicial (Ii)	192 865,20

Fuente: *Elaboración propia*

Como se aprecia, la inversión de la planta se encuentra en el orden de los miles de pesos, por lo que se puede decir que posee un valor considerable. Esto es provocado por los costos de adquisición de los equipos, destacando la caldera y las marmitas.

En la Tabla 3.8 se identifican los principales indicadores económicos del proceso a partir del volumen de producción de tomate. Se puede observar que es menos costoso fabricar el producto que venderlo, es decir que los costos unitarios son menores que el precio unitario del producto. Los costos totales de producción son inferiores al valor de la producción, lo que trae consigo que las ganancias sean positivas.

Para los países desarrollados las ganancias se consideran excelentes en un rango de 30-35 %, mientras que para los subdesarrollados una ganancia del 10 % es buena. Para el cálculo de los principales indicadores económicos se asumió una

ganancia de un 20 % del costo de producción, ya que se desconoce el precio unitario del producto (pup) y se encuentra dentro del rango aceptable. A partir de esta ganancia asumida se calcula el pup para compararlo con los precios actuales de productos similares en mercado, aunque la mayoría de estos se encuentran con diferente material de envase y mejor estética, por lo que resulta relativa su comparación.

Tabla 3.8: *Indicadores económicos del proceso*

Indicadores económicos	Valor	Unidades
Volumen de producción	565 615,33	bot/a
Precio unitario del producto	5,78	CUP/bot
Costo unitario del producto	4,82	CUP/bot
Valor de la producción	3 273 058,89	CUP/a
Costo total de producción	2 727 549,08	CUP/a
Ganancia	545 509,81	CUP/a

Fuente: *Elaboración propia*

El precio del producto es de 5,78 CUP/bot para un 20 % de ganancia, por lo que se considera que representa un precio aceptable.

En la Tabla 3.9 se identifican los principales indicadores de la eficiencia económica de la inversión. Esto demuestra que la planta es rentable.

Tabla 3.9: *Indicadores de la eficiencia económica de la inversión*

Indicadores de eficiencia	Valor	Unidades
Retorno de la inversión	282,8	%
Plazo de recuperación de la inversión	0,35	-

Fuente: *Elaboración propia*

Se obtiene que el porcentaje de retorno de la inversión es de 282,8 %/año, lo que significa que la inversión se recupera 2,8 veces en un año. El plazo de recuperación

de la misma es de 0,35 año, valor que representa un rápido tiempo de recuperación, lo que es sumamente favorable

Conclusiones

1. Se realizó la propuesta preliminar de una PyME de concentrado de tomate capaz de asumir los picos de producción, obteniéndose un producto de calidad con mayor poder de duración en el tiempo y a su vez satisface las necesidades de la población.
2. Se realizó una clasificación, caracterización y definición de las PyMEs.
3. Mediante de un levantamiento en el municipio de Unión de Reyes se conocieron los picos de producción de 2000 q/mes en los meses de diciembre-febrero.
4. Se realizó el diagrama de flujo detallado del nuevo proceso para la producción de concentrado de tomate.
5. Se seleccionaron los equipos involucrados en el proceso donde los más costosos resultaron: el molino, las marmitas y la caldera.
6. Se hizo un análisis económico donde el costo de adquisición de los equipos fue de 102 318,05 CUP y la inversión de la planta de 192 865,20 CUP. La planta es rentable para cuando se obtiene una ganancia de un 20 %.

Recomendaciones

Con el objetivo de perfeccionar esta propuesta preliminar de una PyME capaz de asimilar los picos de producción del tomate industrial del municipio de Unión de Reyes se recomienda:

1. Realizar un estudio del impacto ambiental que genera la planta, proponiendo un tratamiento a los residuales sólidos.
2. Analizar los riesgos a los que puede estar expuesta la planta.
3. Plantear un tratamiento de agua para la generación de vapor.
4. Realizar un estudio más detallado de la planta, teniendo en cuenta un análisis de laboratorio.

Bibliografía

1. Álvarez, M. y Durán, J. (2009). Manual de la Micro, Pequeña y Mediana Empresa. Una contribución a la mejora de los sistemas de información y el desarrollo de las políticas públicas. CEPAL. San Salvador, El Salvador.
2. Aguilera. (2000). *Small and Medium Enterprises across the Globe*. World Bank Research Project.
3. Asthon y Barrett (2010). *Diseño organizacional bajo un enfoque sistémico para unidades empresariales agroindustriales*. Maestría en Ingeniería Administrativa. Escuela de Ingeniería de la Organización, Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.
4. Benz, S; Santa Cruz, A; Scenna, N. (2008). *Modelado, simulación y síntesis de procesos*. Curso de postgrado de actualización. Centro de aplicaciones informáticas en el modelado de ingeniería. Facultad Regional Rosario. República de Argentina.
5. Castañeda, L. (2009). *Alta dirección en las PyMEs*. Ed. Poder. México, DF.
6. Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI) (2017). *Economic Indicators*. Disponible en: <http://www.chemengonline.com/pci>
7. Choi, Y.; Okos, M.R. (1986). *Effects of temperature and composition on the thermal properties of foods*. Elsevier. New York, USA.
8. Colectivo de autores (2016). *Incongruencias ¿enlatadas?* Disponible en: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2016-12-24/incongruencias-enlatadas/>
9. Coronado, M.; Hilario, R (2001). *Elaboración de mermeladas. Procesamiento de alimentos para pequeñas y microempresas agroindustriales*. Centro de Investigación, Educación y Desarrollo (CIED). Lima, Perú.
10. Departamento de Tecnología. (2010). Descripción del proceso productivo del Combinado Industrial “Héroes de Girón”. Empresa de agroindustrial “Victoria de Girón”. Manual de trabajo.
11. Díaz, J. (2017). *Evaluación de la operación del evaporador de múltiple efecto empleado en el procesamiento de tomates en la UEB Combinado Industrial “Héroes de Girón”*. Tesis presentada en opción al título de Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas. Cuba.

12. European Commission (2017). *Sustainable manufacturing, greater competitiveness. Community Information Service on Research and Development (CORDIS). Managed by the publications office of the European Union. Sweden.*
13. Fomento Integral de Cadenas Productivas (FICAP) (2005). *Convenio de coordinación para el desarrollo de la competitividad de la micro, pequeña y mediana empresa que celebran la Secretaría de Economía y el Estado de Guanajuato.* Disponible en: <http://dof.vlex.com.mx/vid/convenio-competitividad-micro-mediana-28070321>
14. Galankashi, M.R. et al. (2015). *Prioritizing Green Supplier Selection Criteria using Fuzzy Analytical Network Process. 12th Global Conference on Sustainable Manufacturing.* ELSEVIER.
15. Galicia, F. (2017). *Definición de la pequeña empresa.* Disponible en: <https://www.scribd.com/doc/41944053/DEFINICION-DE-LA-PEQUENA-EMPRESA-f-f>.
16. García, J. (2012). *Clasificación de empresas por tamaño: Pymes y MiPymes.*
17. García, Y. (2017). *Propuesta tecnológica de una planta para la producción de resinas fenólicas a partir de la lignina del bagazo de caña de azúcar.* Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Química. Universidad de Matanzas. Cuba.
18. Gómez, L. (2015). *Apuestan por mini-industrias para procesamiento de frutas y vegetales.* Disponible en: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2015-01-27/apuestan-por-miniindustrias-para-procesamiento-de-frutas-y-vegetales>
19. Gómez, P. (2008). *Plan General de Contabilidad de PyMEs.* Ed. Prentice Hall. México DF.
20. Hernández, J. (2013). *Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (Lycopersicum Esculentum Var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente.* Tesis presentada en opción al grado de Doctor en Ciencias. Universidad de Córdoba, España.

21. Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI) (2010). *Producción generada por empresas*. Disponible en: <https://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/sistemas/.../perspectiva-gto.pdf>
22. Keenan, J.; Keyes, F.; Hill, P. y Moore, J. (1992). *Steam Tables. Thermodynamic Properties of Water Including Vapor, Liquid, and Solid Phases (SI Units)*. Ed. Krieger Publishing. USA.
23. Longenecker, J. (2001). *Administración de pequeñas empresas: enfoque emprendedor*. Ed. McGraw Hill Interamericana. México, DF.
24. López, Y. (2013). *Propuesta y evaluación técnico - económica de un proceso de sacarificación de cáscara de arroz para la producción de etanol*. Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Universidad de Matanzas. Cuba.
25. Luna, J.E. (2012). *Influencia del capital humano para la competitividad de las PyMEs en el sector manufacturero de Celaya, Guanajuato*. Universidad de Celaya: Disertación doctoral para obtener el grado de Doctor en Administración. Guanajuato, México.
26. Ministerio de la Agricultura (MINAG) (2017). *Incrementos de la producción*. Disponible en: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2017/03/20/ministro-de-la-agricultura-cubano-aboga-por-incrementar-produccion-de-frutas/>
27. Ministerio de la Industria Alimentaria (MINAL) (2012). *Instrucciones generales higiénico-sanitarias y tecnológicas para la pequeña industria productora de frutas y hortalizas en conserva*. Instrucción M-11/12. La Habana.
28. Ministerio de la agricultura. (2016). Agropecuaria y Unión de Reyes. Modelo 3331. Distribución de la producción de viandas hortalizas y granos.
29. Ministerio de la agricultura. (2016). Agropecuaria Limonar y Unión de Reyes. Modelo 3361. Indicadores seleccionados de la agricultura no cañera.
30. NC 475:2006. *Pastas de frutas y hortalizas – Especificaciones*. ININ/Oficina Nacional de Normalización.
31. NC 480:2006. *Cloruro de sodio– Especificaciones*. ININ/Oficina Nacional de Normalización.

32. NC 735:2006. *Tomate para industria– Especificaciones*. ININ/Oficina Nacional de Normalización.
33. NC 812:2006. *Concentración de Tomate elaborado– Especificaciones*. ININ/Oficina Nacional de Normalización.
34. NC 827:2006. *Agua Potable– Especificaciones*. ININ/Oficina Nacional de Normalización.
35. Plaza, P.M.; Blanco, B.E. (2015). *Análisis de los problemas que enfrentan las PyMEs Agrícolas para su participación en el desarrollo económico local*. Revista *Publicando*, 2(5), pp.256-264. ISSN 1390-9304.
36. Ramos, Y. (2013). *La Pequeña y Mediana Empresa en Cuba*. Disponible en: <http://oncubamagazine.com/economia-negocios/la-pequena-y-mediana-empresa-en-cuba>
37. Rivero, H.L. (2016). Integración energética en la sección de destilación atmosférica de una refinería de petróleo. Tesis presentada en opción al título de Ingeniera Química. Universidad de Matanzas. Cuba.
38. Rosen, M.A.; Kishawy, H.A. (2012). Sustainable Manufacturing and Design: Concepts, Practices and Needs. *Sustainability* (4): p. 154-174.
39. Saravacos, G.; Kostaropoulos, A.E. (2016). *Handbook of Food Processing Equipment*. Food Engineering Series. Springer. 2nd Edition. DOI 10.1007/978-3-319-25020-5_1. USA.
40. Secretaría del Senado de la República de Colombia (2015). *Ley 590 de 2000. Artículo No.2: Definiciones*. Archivado desde el original el 24 de noviembre de 2015. República de Colombia.
41. Scenna, N.J; Benz, S.J. (1999). *Modelado, Simulación y Optimización de Procesos Químicos*. Capítulo II. Introducción al diseño de procesos químicos. Breves nociones. ISBN: 950-42-0022-2.
42. Turton, R. (2013). *Analysis, Synthesis and Design of Chemical Processes*. New York: Prentice Hall.
43. Unión Europea (UE) (2005). *Definición de microempresas, pequeñas empresas y medianas empresas*. Actividades de la Unión Europea. Síntesis de la legislación.

44. VARONA (2017). *Especificaciones técnicas generales. Mini-industria para el procesamiento de frutas y vegetales 1000 kg/h.* La Habana, Cuba.
45. Villanueva, S.J. (2016). *Introducción a la Tecnología del Mango.* CIATEJ. Tecnología Alimentaria. 1era Edición. Jalisco, México.

Anexo 1: Clasificación de los tipos de empresas para la región de América Latina.

Región	Tipo de empresa	Criterios de clasificación			
		P _{ref}	V _{ref} (USD)	Coef de tamaño	Ventas anuales
	Microempresas	hasta 10	hasta 400 000	hasta 0,52	
Mercosur (Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela)	Pequeñas empresas	11 – 50	hasta 2 000 000	hasta 2,58	
	Medianas empresas	51 -200	hasta 10 000 000	hasta 10	
Chile	Microempresas	Hasta 9			hasta 2 400
	Pequeñas empresas	10 – 49			2 400 – 25 000
	Medianas empresas	50 – 199			25 000 - 10 000
	Microempresas	Hasta 5			

Costa Rica	Pequeñas empresas	6-30			
	Medianas empresas	31-100			

Fuente: *Elaboración propia*

Donde:

Pref: cantidad de empleados de la empresa.

Vref: ventas de referencia (USD).

Coef: coeficiente de tamaño.

P: cantidad de empleados de la empresa.

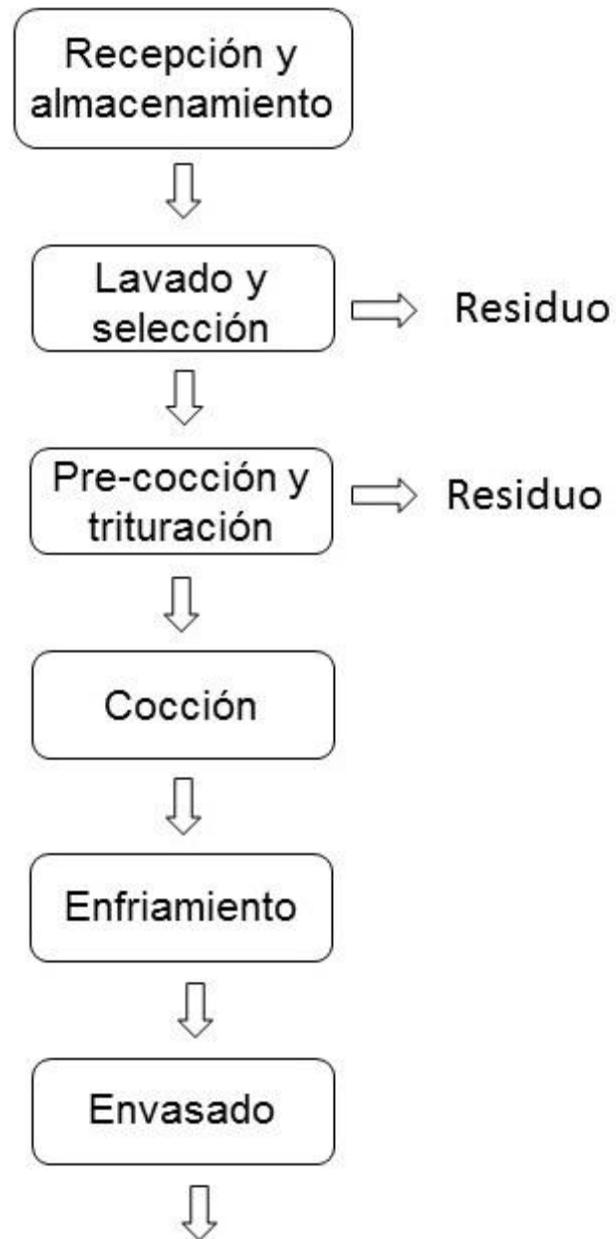
V: ventas de la empresa (USD).

Anexo 2: Criterios de clasificación de las empresas en diferentes regiones.

		Criterios de clasificación			
Región	Tipo de empresa	Empleados	Facturación (millones de euro)	Total de Balance (millones de euros)	Inversión total
Unión Europea	Microempresas	Hasta 10	Hasta 2	Hasta 2	
	Pequeñas empresas	10-50	2-10	2-10	
	Medianas empresas	50-250	10-50	10-43	
Japón	Microempresas	Hasta 50			Hasta 50 000 000
	Pequeñas empresas	Hasta 100			Hasta 50 000 000
	Medianas empresas	Hasta100			Hasta 100000000

Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 3: Diagrama preliminar en bloques.



Fuente: *Elaboración propia*

Anexo 4: Costos de utilidades.

Costos unitarios de la electricidad

Consumo de electricidad KW-h	Precio
0 – 100	0,09
101 – 150	0,3
151 – 200	0,4
201 – 250	0,6
251 – 300	0,8
301 – 350	1,5
351 – 500	1,8
501 – 1 000	2
1 001- 5 000	3
≥ 5 000	5

Fuente: Elaboración propia

Costos unitarios de las utilidades

Utilidades	Costo Unitario
Feul oil	5290 CUP/m ³ (Rivero ,2016)
Agua	45 CUP/m ³ (Rivero, 2016)
Botella	1 CUP/bot (MINAL, 2012)
Chapa para botella	0,3 CUP/chapa ((MINAL, 2012)

Fuente: Elaboración propia

Anexo 5: Factores para estimar el costo de operación

Costos directos de operación (<i>DMC</i>)		
	Descripción	Costo
A	Materia prima	C_{RM}
B	Tratamiento de residuales	C_{WT}
C	Utilidades	C_{UT}
D	Mano de obra	C_{OL}
E	Supervisión	$(0,1 - 0,25)C_{OL}$
F	Mantenimiento	$(0,02 - 0,1)FCI$
G	Suplementos operacionales	$(0,1 - 0,2)(1E)$
H	Laboratorio	$(0,1 - 0,2)C_{OL}$
I	Patentes y marcas	$(0 - 0,06)COM$
Costos fijos de operación (<i>FMC</i>)		
A	Depreciación	$(0,05 - 0,1)FCI$
B	Impuestos y seguros	$(0,014 - 0,05)FCI$
C	Sobrecargos	$(0,5 - 0,7)(1D + 1E + 1F)$
Gastos generales de operación (<i>GE</i>)		
A	Administración	$0,15(1D + 1E + 1F)$
B	Distribución y ventas	$(0,02 - 0,2)COM$
C	Investigación y desarrollo	$0,05COM$

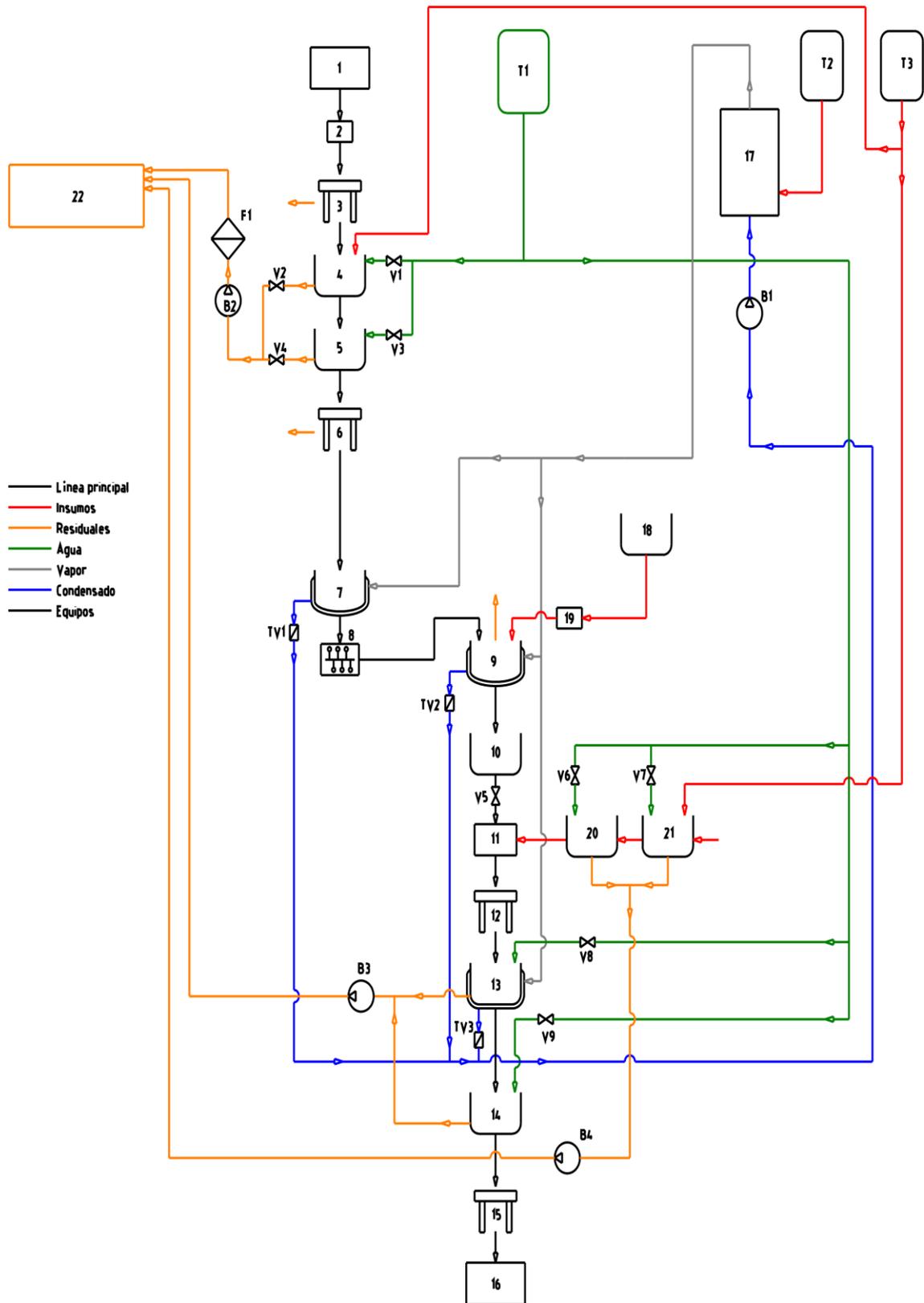
Fuente: García (2017)

Anexo 6: Selección de equipo. Especificaciones.

Equipos	No. de Unidades	Especificaciones (Varona, 2017)
Tinas	5	Material: Cemento; Capacidad: 2m ³ (2) y 1m ³ (3)
Mesa de selección	4	Material: acero inoxidable 304 Mesa con desnivel de 45° largo 1,20m, ancho 0,80m, y alto 1,20m.
Báscula	1	Capacidad: hasta 500kg
Balanza	1	Capacidad: 5kg
Marmita	2	Material: acero inoxidable 304 Capacidad: 300L
Molino	1	Tipo: de martillo Capacidad: 400kg/h
Tanque de almacenamiento temporal	1	Capacidad: 1m ³ Material: acero inoxidable 304
Tanque calentable	1	Capacidad: 200L Material: acero inoxidable 304
Tanque de agua elevado	1	Capacidad: 10 m ³ Material: acero al carbono
Bombas	4	Modelo: 1 DK/14 Voltaje: 110V Max 9/14m Carga: 0,23 Potencia:0,172kW
Tanques plásticos	2	Material: plástico Capacidad: 100L
Filtro	1	Modelo: manga Material: Tela
Caldera	1	Capacidad:0,2t/h
Tanque de combustible	1	Material: acero al carbono Capacidad: 1000L

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7: Diagrama de flujo del proceso.



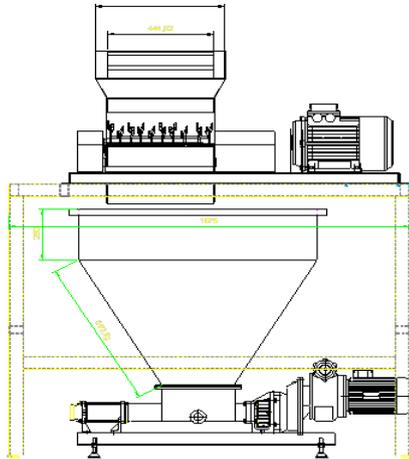
Anexo 7 a): Leyenda

No. en el diagrama de flujo	Equipos
1	Almacén de materia prima
2	Báscula
3	Mesa de pre-selección
4	Tina de lavado del tomate
5	Tina de enjuague del tomate
6	Mesa de selección
7	Marmita para la pre-cocción
8	Molino triturador refinador
9	Marmita para la cocción
10	Tanque de concentrado de tomate
11	Embotelladora
12	Mesa para envasar y tapar
13	Tanque de pasteurizar
14	Tina de enfriamiento
15	Mesa para etiquetar
17	Caldera (Generación de vapor)
18	Tanque para ácido cítrico
19	Balanza
20	Tina de enjuague de envases
21	Tina de lavado de envases
22	Cisterna de agua residual
T1	Tanque de almacenamiento de agua
T2	Tanque de combustible
T3	Tanque de cloro
B1	Bomba para el condensado
B2	Bomba para residuales
B3	Bomba para residuales

B4	Bomba para residuales
F1	Filtro de manga
Ty1	Trampa de gases
Ty2	Trampa de gases
Ty3	Trampa de gases

Anexo 8: Equipos seleccionados

a) Molino triturador de martillo



Fuente: VARONA (2016)

b) Marmitas de vapor



Fuente: VARONA (2016)

Anexo 8: Equipos seleccionados (continuación)

c) Mesa de Selección



Fuente: VARONA (2016)

Anexo 9: Costo de adquisición de los equipos

No. en el diagrama de flujo	Equipos	Costo (CUP)
2	Báscula	950
3	Mesa	2 500
4	Tina de lavado	1 289,61
5	Tina de enjuague	1 289,61
6	Mesa	2 500
7	Marmita	18 000
8	Molino de martillo	11 500
9	Marmita	18 000
10	Tanque de almacenamiento	2 500
12	Mesa	2 500
13	Tanque de pasteurizar	3 500
14	Tina de enfriar	1 289,61
15	Mesa	2 500
17	Caldera	23 255
18	Tanque para ácido cítrico	115
19	Balanza	500
20	Tina de enjuague de envases	1 289,61
21	Tina de lavado de envases	1 289,61
22	Cisterna	15 350
T1	Tanque de agua	3 000
T2	Tanque de combustible	700
T3	Tanque de cloro	250
B1	Bomba	1 150
B2	Bomba	1 150
B3	Bomba	1 150
B4	Bomba	950
F1	Filtro	50

Fuente: Elaboración propia

Anexo 10: Ejemplos de equipos de una mini-industria para el procesamiento de tomate.



Fuente: VARONA (2017)

Anexo 11: Índices de costo.

Año	Índice de costo
2015	556,80
2016	541,70
2017	535,30

Fuente: CEPCI (2017)