

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería



Diseño de una planta productora de base de tamarindo para
su aprovechamiento como materia prima.

Trabajo de graduación presentado por Flor de María
Mansilla Flores para optar al grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Química

Guatemala

2008

Diseño de una planta productora de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

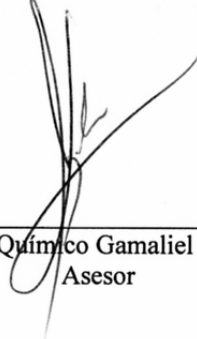
Diseño de una planta productora de base de tamarindo para
su aprovechamiento como materia prima.

Trabajo de graduación presentado por Flor de María
Mansilla Flores para optar al grado académico de
Licenciatura en Ingeniería Química

Guatemala


2008

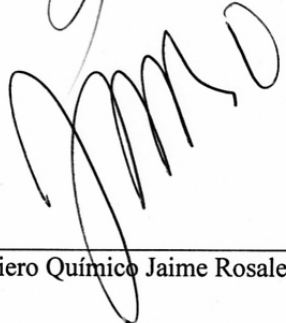
Vo. Bo.

(f) 
Ingeniero Químico Gamaliel Zambrano
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ingeniero Químico Jorge Luis Muñoz

(f) 
Ingeniero Químico Gamaliel Zambrano

(f) 
Ingeniero Químico Jaime Rosales

Fecha de aprobación: miércoles 23 de enero de 2008.

PREFACIO

Los procesos de elaboración de alimentos han desempeñado un papel muy importante en la actividad industrial de Guatemala, por lo tanto, el aprovechamiento de las nuevas oportunidades de negocio puede ser beneficioso. Actualmente Guatemala no aprovecha de manera industrial el tamarindo, por lo que el propósito de esta investigación es presentar el diseño de una planta productora de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima.

La inquietud de llevar a cabo esta investigación fue debido a que ninguna empresa se dedica a procesar el tamarindo para fabricar una base natural sin ningún químico o aditivo extra más que agua y pulpa de tamarindo y además es un producto que se puede exportar hacia los Estados Unidos y Centroamérica para cubrir el mercado nostálgico con los migrantes del Istmo y así poder dar un mayor valor agregado al producto agrícola y al mismo tiempo contribuir al desarrollo del país.

Agradezco la colaboración y guía de mi asesor, el Ingeniero Gamaliel Zambrano, durante la elaboración de esta investigación, su apoyo académico, profesional y humano. Asimismo, agradezco al Ingeniero Jaime Rosales y al Ingeniero Jorge Luis Muñoz por todos sus consejos y colaboración. Dedico el presente trabajo a Dios, por permitirme estar viva y desarrollar esta investigación; a mi papá, que aunque no se encuentra en vida conmigo siempre está en mi mente y en mi corazón; a mi mamá y a mis hermanas por que siempre me apoyan, estimulan y creen en mí; a mi novio, Diego Monsanto, por estar a mi lado, apoyarme, animarme y quererme tanto y por último a todos mis amigos, pero en especial a mi amigo Oscar Sáenz, por su apoyo en todo momento.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO.....	v
LISTA DE CUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES.....	2
III. JUSTIFICACIÓN	10
IV. OBJETIVOS	11
V. PROBLEMA A RESOLVER.....	12
VI. METODOLOGÍA	13
VII. RESULTADOS.....	14
VIII. DISCUSIÓN	28
IX. CONCLUSIONES	33
X. RECOMENDACIONES	34
XI. BIBLIOGRAFÍA	35
XII. APÉNDICE.....	36
XIII. GLOSARIO	68

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro	
Cuadro 1. Bases de diseño para la planta productora de base de tamarindo.....	14
Cuadro 2. Formulación para obtener 1 batch de 457.88 kg de base de tamarindo.	14
Cuadro 3. Características fisicoquímicas de la base de tamarindo.	14
Cuadro 4. Análisis microbiológico y vida acelerada de la base de tamarindo.....	14
Cuadro 5. Resumen del equipo a utilizar en la planta de producción de base de tamarindo.	19
Cuadro 6. Especificación de las abreviaturas utilizadas en el diagrama de distribución de la planta productora de base de tamarindo.	20
Cuadro 7. Especificaciones para el lavador por flotación.	21
Cuadro 8. Especificaciones de la banda para inspección y selección de tamarindo.	21
Cuadro 9. Especificaciones del descascarador para tamarindo.	22
Cuadro 10. Especificaciones de la banda transportadora para el tamarindo pelado.	22
Cuadro 11. Especificaciones de la marmita para el escaldado del tamarindo.	23
Cuadro 12. Especificaciones del pulpero.	23
Cuadro 13. Especificaciones del tanque para el almacenamiento de pulpa de tamarindo.	24
Cuadro 14. Especificaciones del evaporador para la concentración del tamarindo.	24
Cuadro 15. Especificaciones del tanque para el almacenamiento de base de tamarindo.....	24
Cuadro 16. Especificaciones de la llenadora aséptica.	25
Cuadro 17. Especificaciones del túnel frío.	25
Cuadro 18. Especificaciones del sistema de bombeo.	25
Cuadro 19. Especificaciones de la tubería.	26
Cuadro 20. Especificaciones de la caldera.	26
Cuadro 21. Especificaciones de la planta de tratamiento de agua.	26
Cuadro 22. Análisis de viabilidad del proyecto.	27
Cuadro 23. Volumen y peso de las muestras de base de tamarindo para el cálculo de la densidad.	36
Cuadro 24. pH de la base de tamarindo medido en triplicado.	37
Cuadro 25. Grados Brix de la base de tamarindo medidos en triplicado.	37
Cuadro 26. Viscosidad de la base de tamarindo medida en triplicado.	37
Cuadro 27. Densidad de las muestras de base de tamarindo.	39

Cuadro 28. Densidad, pH, grados Brix y viscosidad promedio de la base de tamarindo.	39
Cuadro 29. Porcentaje de cáscara, semilla y pulpa del tamarindo.	39
Cuadro 30. Balance de masa por batch para la línea de producción de base de tamarindo.	45
Cuadro 31. Volumen, temperatura inicial y final y tiempo de calentamiento del agua y la solución de pulpa de tamarindo.	46
Cuadro 32. Constantes de la ecuación para calcular la capacidad calorífica del agua.	46
Cuadro 33. Balance de energía por batch para la línea de producción de base de tamarindo.	50
Cuadro 34. Salarios del personal de la planta productora de base de tamarindo.	60
Cuadro 35. Porcentaje de prestaciones laborales.	61
Cuadro 36. Costo de equipo.	61
Cuadro 37. Costo de materia prima y material de empaque.	62
Cuadro 38. Flujo de caja de la planta productora de base de tamarindo.	66
Cuadro 39. Punto de equilibrio para la planta productora de base de tamarindo.	67
Cuadro 40. Préstamo para la planta productora de base de tamarindo.	67
Cuadro 41. Tasa de préstamo bancario, tasa de impuesto y porcentaje de préstamo.	67

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figuras	
Figura 1. Diagrama de entradas y salidas de la planta productora de base de tamarindo.	15
Figura 2. Diagrama de proceso de la planta productora de base de tamarindo.	15
Figura 3. Diagrama de la línea de producción de base de tamarindo.	16
Figura 4. Diagrama de flujo de la línea de producción de base de tamarindo (lavador rotatorio -pulpeador).	17
Figura 5. Diagrama de flujo de la línea de producción de base de tamarindo (Tanque 1-túnel enfriamiento).	18
Figura 6. Diagrama de distribución de la planta productora de base de tamarindo.	20
Figura 7. Diagrama de operaciones unitarias de la planta productora de base de tamarindo.	36
Figura 8. Determinación de las pérdidas de energía por longitud de transporte.	57
Figura 9. Curva de bomba centrífuga a utilizar para bombeo de fluido.	58
Figura 10. Cambio en la Tasa Interna de Retorno (TIR) al variar las ventas.	62
Figura 11. Cambio en el Valor Actual Neto al variar las ventas.	63
Figura 12. Cambio en el Valor Actual Neto (VAN) al variar los costos fijos.	64
Figura 13. Cambio en la Tasa Interna de Retorno (TIR) al variar los costos fijos.	65

RESUMEN

El objetivo de este proyecto fue diseñar una planta productora de base de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) para su aprovechamiento como materia prima. Para ello se llevó a cabo la formulación del producto, la selección y la dimensión del equipo de la línea de producción, el consumo de servicios auxiliares y el análisis económico del proyecto.

A partir de las bases de diseño y de los diferentes criterios se dimensionó y seleccionó el equipo principal de la planta de producción (lavadora por flotación, descascarador, tanques de almacenamiento, marmita, pulpero, evaporador, llenadora aséptica y túnel de enfriamiento), el equipo para suplir los servicios auxiliares (caldera, bandas transportadoras y bombas) y se realizó el layout de la planta con el área de producción y administrativa.

De acuerdo al análisis económico realizado, se obtuvieron los siguientes resultados:

1. La Tasa Interna de Retorno (TIR) del proyecto para un período de análisis de diez años es de 71.06%.
2. El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto para un período de análisis de diez años es de Q44,990,255.24
3. El periodo de recuperación de capital de la inversión en la planta es de un año.

ABSTRACT

The purpose of this project was to design a producing plant of tamarind (*Tamarindus indica L.*) base for it use as raw material. There was done the formulation of the base, the design and selection of the equipment for the production line, the consumption of the auxiliary services and the economic analysis of the project.

From the design bases was designed and selected the principal equipment of the plant (washer, peeler, agitated kettle, pulper, storage tanks, evaporator, aseptic filler and cooler tunnel), the necessary equipment to supply the auxiliary services (boiler, conveyors and pumps) and the layout of the plant with the production and administrative area.

According to the economic analysis, the following results were obtained:

1. The Internal Rate of Return (IRR) of the project for a period of analysis of ten years is 71.06%.
2. The Net Present Value (NPV) of the project for a period of ten years is Q 44,990,255.24.
3. The payback period of capital investment in the plant is one year.

I. INTRODUCCIÓN

El tamarindo (*Tamarindus indica L.*) es un cultivo que posee muchos beneficios para la agricultura. Este cultivo ofrece la ventaja de ser materia prima para adhesivos, colorantes, comestible, insecticida, condimento, medicinal, al mismo tiempo el árbol puede utilizarse como madera. En Guatemala el consumo interno y el uso de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) se hace en pequeñas cantidades y a una escala industrial baja. Al promover el desarrollo de la agroindustria se podría utilizar la materia producida en Guatemala y dar mayor valor agregado al tamarindo (*Tamarindus indica L.*), aumentando el producto nacional bruto y la oferta de empleos en el país. La instalación de una planta procesadora de base de tamarindo permitirá llenar las necesidades internas de este producto y aumentar las exportaciones de productos terminados.

Este trabajo desarrolla el diseño de una planta procesadora de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima, para lo cual se determinó la formulación para la elaboración de la base de tamarindo (*Tamarindus indica L.*), el proceso productivo de la base, el equipamiento de la planta, los servicios que utiliza la planta y el análisis económico.

II. ANTECEDENTES

A. Tamarindo

1. Generalidades

a. Nombre científico: *Tamarindus indica* L. (Parrota John, 1990).

b. Familia botánica: *Caesalpinaceae* (*Leguminosae*) (Parrota John, 1990).

c. Historia. Fueron los árabes los primeros en tener conocimiento de las propiedades del fruto de esta especie, que fue conocido en Europa como "tamarindo de la India". Los comerciantes lo introdujeron al Asia. El nombre deriva del árabe "tamare" = dátil, e "hindi" = indio, que significa dátil de la India, siendo este nombre el que le dio origen a su nombre botánico: *Tamarindus indica*. El fruto fue conocido desde la Edad Media en Europa y fue descrito en 1298 por Marco Polo y en 1565 por García D'Orta quién lo describe como un recurso muy valioso (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

2. Descripción

a. Forma. Árbol de tamaño mediano a grande, inerme, perennifolio bajo óptimas condiciones o subcaducifolio, de 10 a 25 m (hasta 30 m) de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 1 m o más (Parrota John, 1990).

b. Copa / Hojas. Copa redondeada, grande, extendida y abierta, con una cobertura de 6 a 10 m. Follaje denso o ralo, plumoso en apariencia y ofreciendo una sombra atractiva. Hojas alternas, paripinnadas, corto pecioladas, de 5 a 15 cm de largo; con (5)10 a 20 pares de pinnas enteras, oblongas, con la base oblicua y el ápice redondeado, casi sésiles, con longitud fluctuante de 0.3 a 2.5 cm y un ancho de 2 a 8 mm, de color verde pálido (Parrota John, 1990).

c. Tronco / Ramas. Tronco corto, derecho y grueso. Ramas ampliamente extendidas, con las ramillas en forma de zigzag (pubescentes cuando jóvenes) (Parrota John, 1990).

d. Corteza. Externa con tonalidades que van desde grises hasta pardo oscuros (tostado o café) (Parrota John, 1990).

e. Flor(es). Inflorescencias en racimos cortos y laxos, axilares o terminales, pendulosos, de 5 a 10 cm de largo por 2.2 cm de diámetro, con 8 a 14 flores. Flores zigomórficas, vistosas (los botones, rojos o rosas); cáliz 4-lobulado, blanco amarillento con tonos rojizos; corola con 5 pétalos de diferentes tamaños, 2 reducidos y escamiformes y 3 grandes, oblanceolados, glabros, de color amarillo pálido matizados de naranja o rojo, de 0.5 a 1 cm de largo y unidos a la mitad (Parrota John, 1990).

f. Fruto(s). Vaina indehiscente, oblonga o linear, algo comprimida lateralmente y comúnmente curvada, con una capa externa (epicarpio) pardo delgada, crustácea seca y escamosa (se quiebra irregularmente al secarse), una capa mediana (mesocarpio) pulposa combinada con fibras y una capa coriácea interna (endocarpio) septada entre las semillas, de 1.7 a 15 cm de largo por 2 a 3.5 cm de ancho y 1.5 cm de espesor; conteniendo 1 a 12 semillas. Los frutos persisten en el árbol por varios meses (Parrota John, 1990).

g. Semilla(s). Semillas indehiscentes, ovaladas, comprimidas lateralmente, lisas, con la testa café lustrosa, de 1 cm de largo y unidas entre sí. Carecen de endospermo como reserva nutritiva, presentan un par de cotiledones gruesos y la radícula es pequeña y recta (Parrota John, 1990).

h. Raíz. Sistema radical profundo (Parrota John, 1990).

i. Sexualidad. Hermafrodita (Parrota John, 1990).

3. Distribución. El tamarindo es una especie originaria del África tropical, creciendo silvestre en la región alta del Nilo. Su cultivo se extendió a la India en tiempos prehistóricos, por lo que hay quien la considera nata también de esta región. Actualmente es un cultivo relativamente importante por casi todos los países cálidos de África, Asia y América, siendo el principal productor la India seguida de otros países como Brasil, Ecuador o México (Parrota John, 1990).

4. Origen y extensión. Originaria de las sabanas secas del África tropical, cultivado en América, también en Asia y en otros países tropicales donde con frecuencia se ha asilvestrado. Se ha cultivado y a menudo naturalizado a lo largo de las Antillas y desde México hasta Brasil. Se ha plantado en el sur de Florida, Los Cayos, Bermudas, Cuba y Puerto Rico (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

5. Hábitat. Se encuentra en lugares con clima cálido semiseco, aunque puede prosperar también en climas cálido-húmedos. Su rango de precipitación va de 800 a 1,400 mm por año. Crece a orillas de caminos y es común alrededor de las casas. Prospera bien en terrenos profundos con buen drenaje, textura de migajón-arcilloarenoso y un pH de 6.5 a 7.5, puede, sin embargo vegetar en suelos ligeramente ácidos, relativamente pobres o crecer en terrenos calcáreos siempre y cuando se le dé una buena fertilización y se

cuenta con agua para riegos en períodos secos. Suelos: fluvisol, arenosol, acrisol, andosol. Tolera desde un suelo aluvial profundo hasta un suelo rocoso y poroso (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

6. Fenología

a. Follaje. Perennifolio o subcaducifolio. Tira algunas de sus hojas durante la estación seca (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

b. Floración y maduración. Los tamarindos aparecen en los mercados de los trópicos americanos de Abril a Junio, mientras que en la India estos frutos se encuentran de Febrero a Marzo (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

c. Polinización. Entomófila (insectos) (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

7. Aspectos fisiológicos

a. Asociación con nódulos. No se ha detectado la existencia de nódulos en las raíces del tamarindo por lo tanto no se puede aseverar que tenga habilidad para fijar el nitrógeno. Se requiere mayor investigación en esta área (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

b. Adaptación. Especie de fácil adaptación (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

c. Crecimiento. Especie de lento crecimiento. Crece entre 50 y 80 cm por año. Es un árbol longevo que llega a vivir más de 200 años (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

d. Producción de hojas, frutos, madera y/o semillas. La producción de frutos empieza después de los 8, 10 ó 12 años de edad (por emilla) y la producción de vainas se estabiliza a los 15 años. Por reproducción vegetativa producen a los 3 ó 4 años. Un árbol maduro (20 años) puede producir de 100 a 200 (500) kg de frutos por año o 12 a 16 toneladas por hectárea; dando de 40 a 250 kg de pulpa comestible. La producción es cíclica con cosechas abundantes cada 3 años. El árbol aún sigue productivo después de 30 ó 60 años (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

8. Semilla

- a. Almacenamiento / Conservación. En seco, las semillas se conservan muy bien por mucho tiempo (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- b. Germinación. Las semillas germinan rápidamente. El tiempo promedio de germinación es de 10 días (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- c. Porcentaje de germinación. 30-70 (100) % (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- d. Número de semillas por kilogramo. 700-990 (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- e. Recolección / Extracción. Los frutos pueden dejarse hasta 6 meses en el árbol después de su maduración, pero el contenido de humedad se reducirá en un 20 % o más. Estos deben cosecharse cortándolos directamente del árbol. El peciolo es muy duro y no es posible trozarlo con la mano sin dañar el fruto. El fruto maduro debe almacenarse bajo refrigeración para prolongar el tiempo de disponibilidad de una pulpa fresca (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- f. Tratamiento pregerminativo. 1. La inmersión en agua a 75 °C durante 3 a 8 minutos estimula la germinación. Los porcentajes de ruptura de testa y germinativo alcanzados son superiores al de las semillas sin tratamiento: ruptura 97.5 % (22.6 días) y germinación 87.5 % (22.5 días). 2. Sumergir una hora en ácido sulfúrico concentrado para asegurar altos porcentajes de germinación. 3. La incubación con temperaturas hasta de 40 °C eliminan la impermeabilidad. 4. Estratificación en arena. Se recomienda la desinfección de las semillas antes de depositar las capas alternas de semillas y arena fina en un lugar sombreado; hay que mantener la humedad necesaria hasta el inicio de la germinación. 5. Estratificación con temperatura constante. En pruebas in vitro los mejores resultados de germinación se obtuvieron a temperatura constante de 36 °C. Cuando las semillas se incuban a 45 °C se pudren y se mueren. 6. Escarificación. Las semillas presentan una cubierta impermeable al agua, que se resuelve mecánicamente rompiendo la testa. Se perforan manualmente haciéndoles una ranura, grieta o fisura en la areola con una lima de mano. Con este método se obtiene el 100 % de ruptura y 98.7 % de germinación. Sin perforación la germinación alcanza sólo el 66 %. 7. En la India, han utilizado diferentes tratamientos: a) Imbibición de las semillas en agua por 24 horas (63.6 % de germinación); b) Las colocan en una solución de excremento de vaca (500 g de excremento disueltos en 10 litros de agua) durante 24 horas (72.6 %); c) Las sumergen en orina de vaca (un litro de orina mezclada en 10 litros de agua) por 24 horas (82.8 %); d) Sin remojo (37 %) (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

g. Viabilidad / Latencia / Longevidad. Presentan latencia exógena de tipo física. Como ocurre con diferentes leguminosas, las semillas tienen dificultad para embeberse. La impermeabilidad no es tan persistente como en otras especies. Pueden permanecer viables por 10 meses (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

h. Tipo de semilla. Ortodoxa (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

9. Experiencia con la planta. La India es el país que explota más extensivamente el tamarindo. Se cuenta con plantaciones comerciales que generan unas 250,000 toneladas por año. En Tamil Nadu se cultivan 9,521 hectáreas. Los frutos producen 29,880 toneladas de pulpa cada año. El Tamarindo ha ido cobrando gran importancia bajo la cobertura del Programa de Forestería Social en Dharmapuri, Tirunelveli y otros distritos, en donde se han establecido cultivos en gran escala. Otros países con grandes plantaciones comerciales son: Belice, Brasil y Guatemala (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

10. Cultivo. En la etapa joven requiere buen riego y fertilización para establecerse y una vez establecido, el árbol maduro sobrevive sin irrigación complementaria. Puede ser fertilizado cada 2 ó 3 meses con 6-6-3 NPK, usando 100 g e incrementando gradualmente hasta 225 g. Los árboles en fructificación pueden ser fertilizados con 8-3-9 NPK, aplicando 225 g por aplicación. Aunque el tamarindo requiere de protección cuando pequeño, es un árbol frutal que prospera con el mínimo de los cuidados. El árbol tiene capacidad de autopoda, sin embargo se puede practicar una poda de formación en los individuos jóvenes para permitir el buen desarrollo de 3 a 5 ramas. Las distancias más comunes de plantación son: 8 x 15 m, 8 x 12 m, 8 x 8 m, 12 x 12 m, 10 x 20 m, dependiendo de la fertilidad del suelo. Se siembran plántulas de tamaño variable desde 40 cm hasta 2 m de altura. No se han desarrollado variedades mejoradas que maduren o se desarrollen rápidamente, pero existen dos tipos clasificados por el color de sus frutos: rojo y café. El tipo café es el más común produciéndose comercialmente en abundancia. Hay cultivares selectos que proporcionan pulpa dulce. Uno en Tailandia "Makham Waan" y el otro en Miami, Florida (USA) llamado "Manila Sweet. El Tamarindo está clasificado como una de las 32 especies frutícolas más importantes (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

11. Propagación

a. Reproducción asexual. 1. Cultivo de tejidos. En la India se utilizan explantes de plántulas, nudos maduros y anteras (callos, embriogénesis). 2. Cortes de tallo. Brotes o retoños (tocón). Rebrotos de raíz. 3. Acodo aéreo. 4. Injerto e injerto de yema. El método más eficiente y adecuado es el enchapado lateral, aunque también se recomienda el de aproximación. De esta manera se aseguran las características de la planta madre y un inicio de la producción a los 4 ó 5 años (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

b. Reproducción sexual. 1. Semilla (plántulas). La multiplicación del tamarindo se ha hecho habitualmente por semilla debido a su alto porcentaje de germinación. Se recomienda remojar las semillas por 4 ó 5 días y colocarlas después en las camas de semilleros a una profundidad de 5 cm. 2. Regeneración natural. 3. Siembra directa (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

12. Tolerancias

- a. Demandante de. Suelos profundos, suelos con buen drenaje y luz (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- b. Firme al. Viento, sus ramas fuertes y flexibles se ven poco afectadas por el viento y se conoce que es un árbol resistente a huracanes (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- c. Resistente a. Daño por termitas, fuego y sequía (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- d. Tolerante a. Inundación temporal, rocío salino (puede ser plantado cerca de las costas), exposición constante al viento, suelos compactados y pedregosos, sombra, suelos pobres, suelos someros, suelos alcalinos, suelos arenosos cercanos a la costas, suelos salinos (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

13. Desventajas

- a. Intolerante a. Fuego (plántula, adulto) (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- b. Sensible / Susceptible a. 1. Heladas. Los árboles jóvenes son muy sensibles a las heladas, pero los adultos pueden soportar hasta -3 °C sin sufrir daños serios. 2. Daño por ramoneo. 3. Daños por roedores. 4. Daño por termitas (madera). La madera es fuerte y durable pero muy susceptible al ataque de termites de la madera seca. 5. Daño por hongos (tallo, madera, raíz, hoja, fruto). Los frutos maduros en los climas húmedos son fácilmente atacados por hongos. 6. Daño por insectos (semilla, fruto, hoja). Los frutos se llegan a infestar con pequeños escarabajos. 7. Suelos arcillosos. 8. Suelos ácidos (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

14. Usos

- a. Adhesivo [semilla]. Las semillas pulverizadas y mezcladas con goma arábica resultan un excelente pegamento. Las semillas contienen almidón (63%), proteína (16%) y aceite semisecante (5.5%) (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- b. Colorantes [hoja]. De las hojas se ha obtenido un tinte amarillo (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- c. Combustible [madera]. Leña y carbón. Excelente combustible, genera mucho calor. Antiguamente se le usaba para producir carbón para pólvora (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- d. Comestible [fruto, flor, hoja, semilla]. Su principal producto es el fruto, cuya pulpa carnosa y ácida es apreciada para elaborar agua fresca. En plan industrial se elaboran pastas para concentrados que se utilizan en la preparación de bebidas refrescantes, dulces y helados. La pulpa constituye el 40 % de la vaina y es fuente de vitamina C y B. 100 g de fruto maduro contienen 115 calorías, 3 g de proteína y 18 g de carbohidratos. Su acidez obedece a la presencia de ácido tartárico, acético y ascórbico. La pulpa es una fuente rica de vitaminas e importantes minerales y contiene más calcio que otros frutos. Las hojas jóvenes, las vainas inmaduras y las flores se sirven como verdura en ensaladas sin la necesidad de vinagre ya que son ácidas. Las semillas se utilizan como alimento, tostándolas, remojándolas y cocidiéndolas para quitarles la cáscara. Su contenido proporciona almidón, proteína y aceite. Su composición química es: agua 11.3 %, proteína 13.3 %, grasa 5.4 %, carbohidrato 57.1 %, ceniza 4.1 % y fibra cruda 8.8 %. La proteína de la semilla es rica en ácido glutámico (18%), ácido aspártico (11.6 %), glicina (9.1 %) y leucina (8.2 %) pero deficiente en metionina, treonina, valina y cisteína, por lo que se le considera una proteína de baja calidad. La proporción de aminoácidos esenciales en la proteína es de 33.6 % (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- e. Condimento / Especies [fruto]. La acidez de la pulpa se debe a la presencia del ácido tartárico cuya concentración es del 10 a 15 %. Además contiene ácido acético, cítrico, málico y succínico, así como azúcares y pectina. El fruto tierno hervido se usa como condimento para arroz, pescado y carnes (2).(Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- f. Construcción [madera]. Construcción rural (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- g. Curtiente [fruto]. La cáscara de la vaina es rica en taninos (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).
- h. Forrajero [hoja, vástago, fruto, semilla, vaina]. Planta forrajera para cría de animales dentro de un solar. Para hacer palatables las semillas al ganado, deben remojarse en agua por una hora (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- i. Implementos de trabajo [madera]. Implementos agrícolas y mangos de herramientas (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- j. Industrial [madera]. En la India la madera se emplea para fabricar papel. La cubierta de la semilla tiene compuestos antioxidantes que podrían emplearse como una fuente industrial, segura y de bajo costo para conservar los alimentos. Estos compuestos son: 2-hidroxi-3', 4'-dihidroxiacetofenona, methyl 3,4- dihidroxibenzoato, 3,4-dihidroxifenil acetato (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- k. Insecticida / Tóxica [toda la planta]. Insecticida, venenos (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- l. Maderable [madera]. El corazón de la madera es bastante dura, resistente y difícil de trabajar pero toma buen pulimento. Se utiliza para cimbras, pilares, vigas, ebanistería, muebles, prensas, postes, cercas, durmientes, chapa, construcción de botes, ruedas, rodillos, traviesas, marcos, pilones de arroz, almazaras y trapiches. La madera es vendida en Norte América como "Madeira Mahogany" (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

- m. Medicinal [fruto, hoja, semilla, corteza, tallo joven, corteza, fruto (vaina)]. Droga oficial en la farmacopea de Estados Unidos y otros países. Pulpa del fruto: antipirético, antiescorbútico, ácido úrico y colesterol. Ramas jóvenes: disentería, infecciones bucales en los niños recién nacidos. Corteza (cocción): asma, amenorrea. Hoja, semillas (cocción): vermífuga y estomáquica. Raíz (cocción): enfermedades del hígado (desordenes biliosos), ictericia y hemorragias. Semilla (cocción): mal de orín. Las vainas se usan como astringente y aperitivo. Planta: laxante, antidiabética, diurética, intoxicación alcohólica, inflamaciones, fiebre, antiséptica. En Mauritania, la pulpa mezclada con sal se usa como linimento para el reumatismo (Roy, S.K. y Joshi, G.D., 1995).

III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala el consumo interno y el uso de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) se hace en pequeñas cantidades y a una escala industrial baja. Al igual que en otros países en vías de desarrollo, el tamarindo ácido (*Tamarindus indica L.*) es cultivado por pequeños agricultores quienes no poseen los medios ni la tecnología adecuada para la transformación de los derivados de dicho cultivo, lo cual reduce la oportunidad de tener productos nacionales con un valor agregado mayor. Por lo anterior, una planta industrial que procese tamarindo (*Tamarindus indica L.*) permitiría el aprovechamiento del mismo, daría un mayor valor agregado al producto agrícola y al mismo tiempo contribuiría al desarrollo del país.

Una planta industrial da más participación a la comunidad, ya que crea trabajo para la población local y brinda impulso a la población relacionada con las plantaciones existentes.

Actualmente ningún derivado de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) se exporta ya que se destina para la obtención de productos para el consumo local. Una industria como ésta impulsaría más el cultivo de tamarindo y así como la comercialización del producto en el mercado nacional y para su exportación a Centroamérica y Estados Unidos para cubrir el mercado nostálgico con los migrantes del Istmo.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivo general.

1. Diseñar una planta para la producción de base de tamarindo (*Tamarindos indica L.*) para su aprovechamiento como materia prima para la fabricación de néctar, jugo, salsas, helados y algunos productos de repostería.

B. Objetivos específicos.

1. Determinar la formulación para la elaboración de la base de tamarindo (*Tamarindus indica L.*).
2. Determinar el proceso para obtener el mayor rendimiento de concentrado de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) y desarrollar el diagrama de flujo.
3. Dimensionar el equipo necesario para el proceso industrial, desde la recepción de materia prima hasta su presentación en el mercado para el consumo industrial.
4. Establecer los servicios auxiliares a utilizar así como su consumo.
5. Elaboración de un análisis de costos económicos, incluyendo la tasa interna de retorno (TIR), el valor actual neto (VAN) y el tiempo de recuperación de capital.

V. PROBLEMA A RESOLVER

Actualmente en Guatemala el tamarindo (*Tamarindus indica L.*) se procesa, en escala baja, lo cual constituye la pérdida de oportunidad de brindarle un valor agregado al procesar el fruto dentro del territorio nacional, y en esta forma captar esas divisas para la economía del país, teniendo como principal mercado Centroamérica y Estados Unidos. Para ello se requiere contar con la tecnología y el equipo necesario, por lo que el diseño de una planta para la producción de base de tamarindo, proporciona la herramienta indicada para establecer una producción estable de base de tamarindo.

VI. METODOLOGÍA

A. Formulación de la base de tamarindo.

Esta etapa consistió en la preparación de la formulación adecuada que cumpliera con las condiciones finales del producto: acidez, grados Brix, densidad y viscosidad.

B. Determinación de las condiciones de operación.

Esta etapa consistió en establecer las condiciones de temperatura, presión y flujos para la producción de base de tamarindo (*Tamarindus indica L.*).

C. Determinación de la capacidad del equipo para la producción de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima.

Esta etapa consistió en la determinación del tamaño del equipo, para lo cual fue necesario realizar una revisión bibliográfica así como de diferentes fuentes para establecer el volumen de producción de tamarindo (*Tamarindus indica L.*) en Guatemala, y basándose en estos datos, poder tener la capacidad del equipo para con ésta realizar el diseño.

D. Selección del equipo a diseñar.

Establecida la capacidad y las condiciones de operación se procedió a la selección de los equipos más adecuados de acuerdo a las condiciones y requerimientos del proceso.

E. Diseño del equipo principal.

Determinadas las condiciones de operación, y el tipo de equipo que se utilizaría para realizar la base de tamarindo, se procedió al diseño del equipo a utilizar para cada etapa del proceso.

F. Diseño del equipo auxiliar.

Consistió en el diseño de los equipos auxiliares pertinentes para el correcto funcionamiento del proceso, el cual se hizo de acuerdo a las necesidades del equipo principal.

G. Elaboración del análisis económico.

Consistió en realizar un análisis económico de la puesta en marcha de la planta, el cual incluye la inversión total a realizar, precios de equipo, depreciación del equipo, tiempo de recuperación del capital, tasa interna de retorno y el valor actual neto.

VII. RESULTADOS

A. Bases de diseño.

Cuadro 1. Bases de diseño para la planta productora de base de tamarindo.

Descriptor	Detalles
Ubicación de la planta.	Jutiapa
Presentación del producto	Base de tamarindo en bolsa aséptica de 5 galones
Costo del producto	Q600.00
Tipo de proceso	Batch
Capacidad de producción	1 batch/hora

B. Producto.

Cuadro 2. Formulación para obtener 1 batch de 457.88 kg de base de tamarindo.

Ingrediente	Peso (kg)
Tamarindo	474.00
Agua potable	801.53

Cuadro 3. Características fisicoquímicas de la base de tamarindo.

Descriptor	Detalles
Grados Brix	32±0 °Bx.
Densidad	1,340.12±kg/m ³
Viscosidad	3.89± Pa·s
pH	2.8±0

Cuadro 4. Análisis microbiológico y vida acelerada de la base de tamarindo.

Análisis	Resultado	Límite de detección
E. coli	Negativo	<10 UFC/g
Mohos y levaduras	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Recuento Coliformes Totales	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Recuento aeróbico total	<10 UFC/g	<10 UFC/g
Vida útil a temperatura ambiente	4 meses	

C. Diagramas para el diseño propuesto.

Figura 1. Diagrama de entradas y salidas de la planta productora de base de tamarindo.

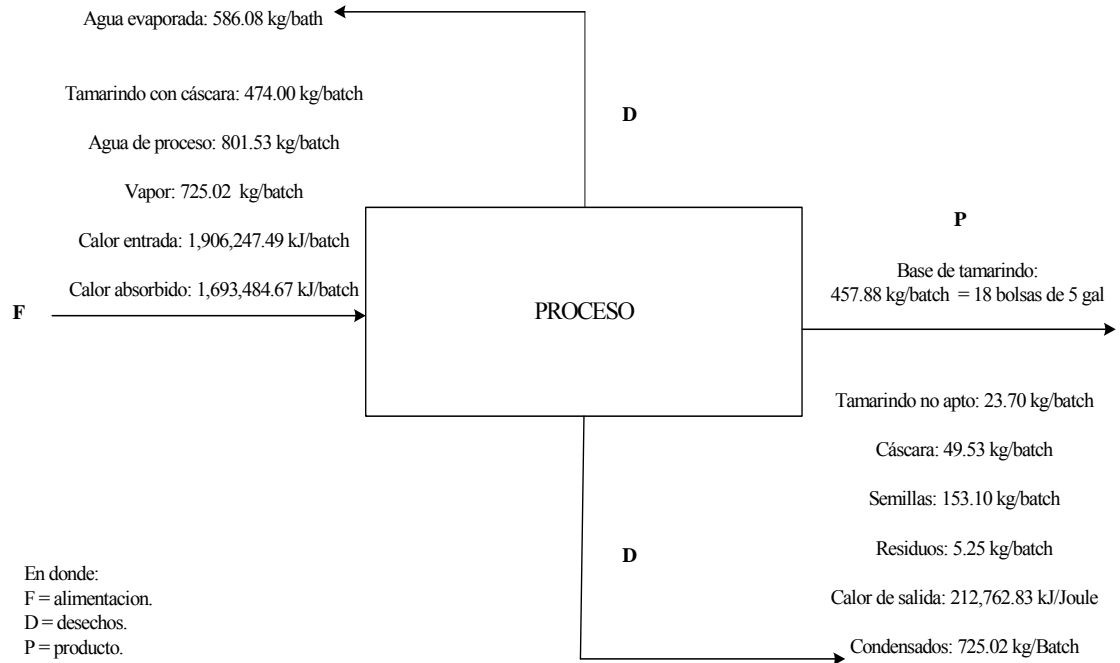


Figura 2. Diagrama de proceso de la planta productora de base de tamarindo.

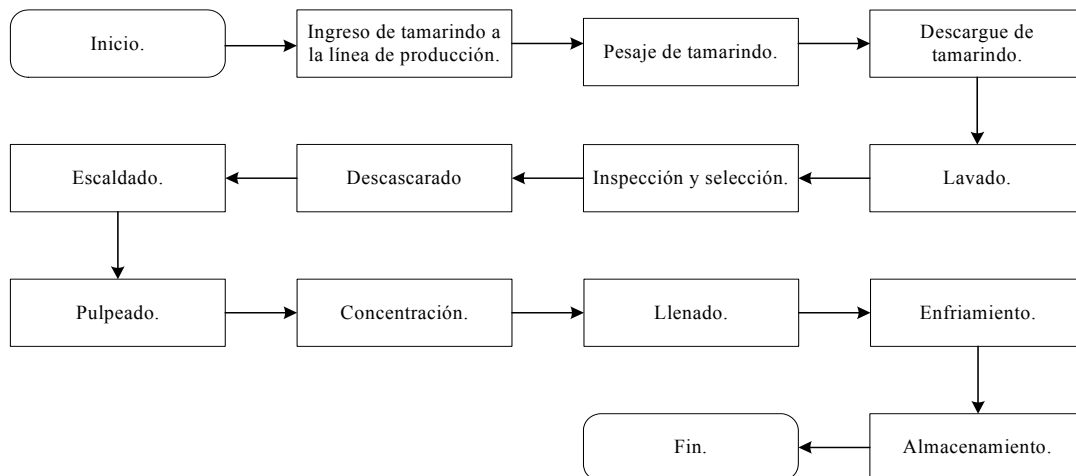


Figura 3. Diagrama de la línea de producción de base de tamarindo.

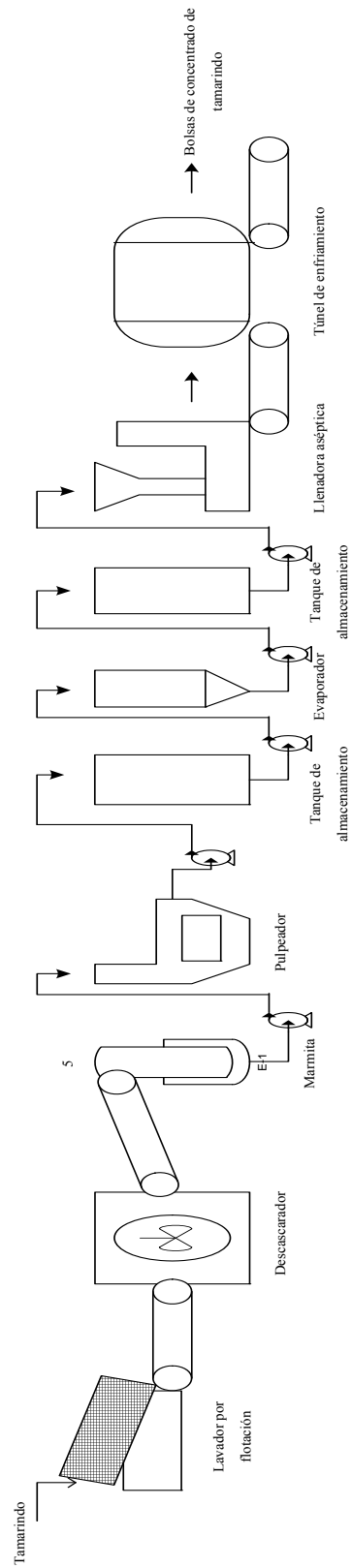


Figura 4. Diagrama de flujo de la línea de producción de base de tamarindo (lavador rotatorio-pulpeador).

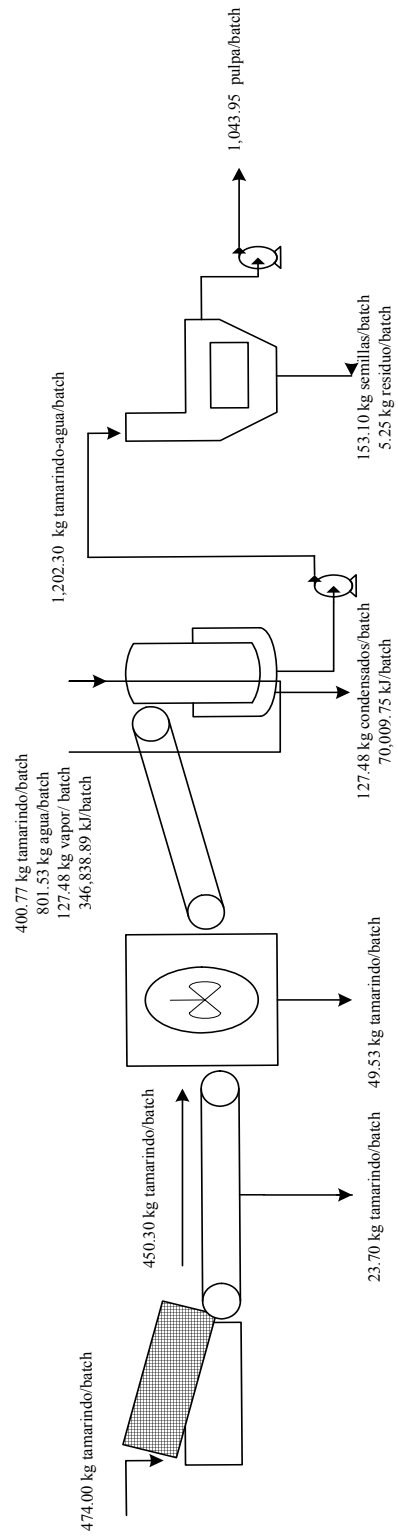
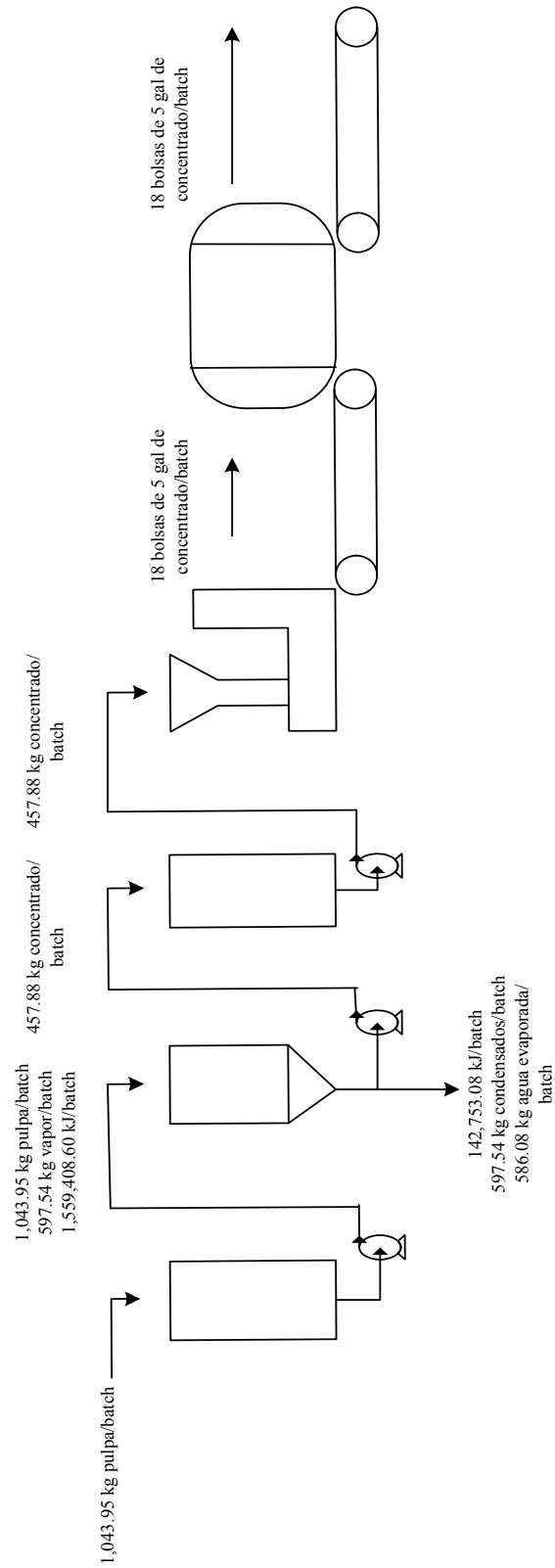


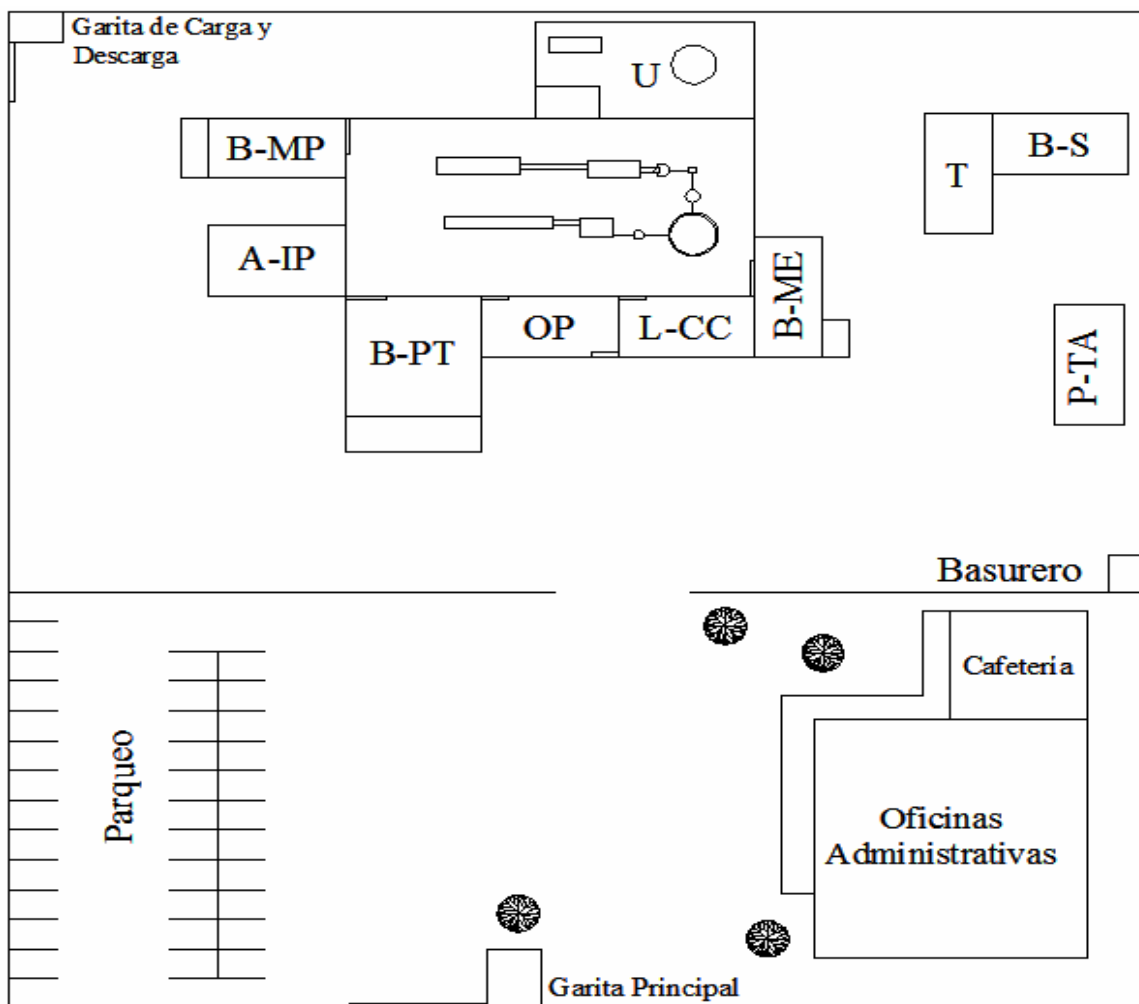
Figura 5. Diagrama de flujo de la línea de producción de base de tamarindo (Tanque 1-túnel enfriamiento).



Cuadro 5. Resumen del equipo a utilizar en la planta de producción de base de tamarindo.

Equipo	Cantidad
Báscula	1
Lavador de frutas	1
Descascarador	1
Pulpero	1
Tanque de almacenamiento	2
Marmita	1
Llenadora aséptica	1
Bandas transportadoras para fruta	2
Bombas centrífugas	5
Evaporador	1
Caldera	1
Túnel de refrigeración	1
Suavizador	1
Filtro de carbón activado	1
Filtro de melamina de 5 y 2 micrones	1
Lámpara UV de 10 gal/min	1

Figura 6. Diagrama de distribución de la planta productora de base de tamarindo.



Cuadro 6. Especificación de las abreviaturas utilizadas en el diagrama de distribución de la planta productora de base de tamarindo.

Abreviaturas	Significado
B-MP	Área de ingreso de materia prima
A-IP	Área de ingreso de personal
B-PT	Bodega de producto terminado
OP	Oficinas de producción
L-CC	Laboratorio de control de calidad
B-ME	Bodega de material de empaque
U	Servicios utilitarios
T	Taller
BS	Bodega de suministros
P-TA	Planta de tratamiento de agua

D. Especificaciones del equipo.

Cuadro 7. Especificaciones para el lavador por flotación.

Características	Descripción
Capacidad	550 kg/h ó 2000 frutos/h
Material	Acero inoxidable 316
Dimensiones	Largo: 6 m. Ancho: 1.5 m. Altura: 2 m.
Requerimiento	Energía eléctrica trifásica a 220 V, 60Hz.
Potencia del motor	7 kW

Cuadro 8. Especificaciones de la banda para inspección y selección de tamarindo.

Características	Descripción
Capacidad de transporte	474 kg/h
Material	Acero inoxidable 316
Tipo	Banda transportadora de cuna lisa
Cinta	PVC alimentario
Dimensiones	Longitud: 5.00 m Ancho: 0.50 m. Altura: 1.00 m Longitud de rodillos: 0.6 m Diámetro de rodillos: 0.089 m Peso de rodillos: 7.08 m Longitud de tambor: 0.6 m Diámetro de tambor: 0.2 m
Velocidad de avance	0.065 m/s
Requerimiento	Energía eléctrica monofásica a 110 V, 60Hz.
Potencia	0.11 kW

Cuadro 9. Especificaciones del descascarador para tamarindo.

Características	Descripción
Capacidad	550 kg/h
Material	Acero inoxidable 304
Dimensiones	Largo: 3.8 m. Ancho: 1.55 m. Altura: 1.87 m. Altura de carga: 900 a 1000 mm.
Requerimiento	Energía eléctrica trifásica a 220V, 60Hz.
Motor	Motor eléctrico de 2.01 kW

Cuadro 10. Especificaciones de la banda transportadora para el tamarindo pelado.

Características	Descripción
Capacidad de transporte	400.77 kg/h
Material	Acero inoxidable 316
Tipo	Banda transportadora de cuna lisa
Cinta	PVC alimentario
Dimensiones	Longitud: 1.56 m Ancho: 0.5 m. Altura de subida: 0.58 m Grado de inclinación: 30.11° Longitud de rodillos: 0.6 m Diámetro de rodillos: 0.089 m Peso de rodillos: 7.08 m Longitud de tambor: 0.6 m Diámetro de tambor: 0.2 m
Velocidad de avance	0.035 m/s
Requerimiento	Energía eléctrica monofásica a 110 V, 60Hz.
Potencia	0.058 kW

Cuadro 11. Especificaciones de la marmita para el escaldado del tamarindo.

Características	Descripción
Capacidad	1.51 m ³ (400 gal)
Material	Acero inoxidable 316
Diámetro	1.57 m
Altura	1.75 m
Agitador	Tipo: turbina de 6 palas Diámetro: 0.52 m Altura: 0.52 m Altura de las paletas: 0.10 m Largo de las paletas: 0.13 m Potencia: 0.46 kW
Tiempo de residencia	12 minutos
Presión de vapor	275.79 kPa (40 psi)
Consumo de vapor	127.48 kg/h
Grosor del enchaquetado	0.04 m
Área de transferencia de calor	2.54 m ²

Cuadro 12. Especificaciones del pulpero.

Características	Descripción
Capacidad	550 Kg/h dependiendo del tipo de fruta
Material	Acero inoxidable AISI 304
Acabado	Tipo Sandblasting
Dimensiones	Largo: 0.65 m. Ancho: 0.43 m. Altura: 1.40 m. Altura de descarga: 0.80 m.
Requerimiento	Energía eléctrica trifásica a 220V, 60Hz.
Motor	Motor eléctrico de 3 kW/ 1750 RPM

Cuadro 13. Especificaciones del tanque para el almacenamiento de pulpa de tamarindo.

Características	Descripción
Tipo de tanque	Cilíndrico vertical cerrado.
Material	Acero inoxidable 316
Volumen	1.32 m ³ (350 gal)
Diámetro	1.08 m
Altura	1.51 m

Cuadro 14. Especificaciones del evaporador para la concentración del tamarindo.

Características	Descripción
Tipo	Batch
Material	Acero inoxidable 316
Capacidad	1,300 L/h
Vacío	20 kPa
Área de transferencia de calor	10 m ²
Presión de vapor	50-150 kPa
Consumo de vapor	557 kg/h
Dimensiones	Diámetro superior: 3.6 m Diámetro inferior: 3.4 m Altura: 4.5 m
Bomba de vacío	757SW-5
Potencia de la bomba	11 kW
Peso	2,800 kg

Cuadro 15. Especificaciones del tanque para el almacenamiento de base de tamarindo.

Características	Descripción
Tipo de tanque	Cilíndrico vertical cerrado.
Material	Acero inoxidable 316
Volumen	0.38 m ³ (100 gal)
Diámetro	0.71 m
Altura	1.00 m

Cuadro 16.Especificaciones de la llenadora aséptica.

Características	Descripción
Tamaño bolsa aséptica	20 L
Material	Acero inoxidable 316
Diámetro de llenado	5.08-7.62 cm (2-3 in)
Capacidad	112 bolsas/h máximo
Potencia	1 kW
Dimensiones	Largo: 1.6 m Ancho: 2.4 m Altura: 2.8 m

Cuadro 17.Especificaciones del túnel frío.

Características	Descripción
Velocidad	De 0.3-1 m/min
Material	Acero inoxidable 316
Dimensiones	Largo: 8.0 m Ancho: 1.0 m Altura: 1.5 m Ancho de banda: 0.5 m

Cuadro 18.Especificaciones del sistema de bombeo.

Cantidad	Descripción
Tipo	Bomba centrífuga
Cantidad	5 bombas
Caudal mínimo	0.568 m ³ /h
Caudal máximo	1.34 m ³ /h
Cabeza total	1.7
NPSH disponible	20.5 m
NPSH r	0.7 m
Potencia	0.025 kW
Velocidad	1750 rpm

Cuadro 19. Especificaciones de la tubería.

Características	Descripción
Diámetro	7.62 cm (3 in cedula 40)
Material	Acero inoxidable 316
Cantidad	25 m

Cuadro 20. Especificaciones de la caldera.

Características	Descripción
Tipo	Pirotubular
Presión de diseño	103.42-1,034.21 kPa (15-150 psi)
Potencia de caldera	100 hp
Capacidad de generación de vapor	3,450 lb/h (1,564.89 kg/h)
Motor compresor de aire	3.7285 Kw
Motor de bombeo de combustible	0.5592 Kw
Capacidad de agua	2,000 kg
Válvulas de seguridad de 0.0508 m (unid.)	1
Válvulas de seguridad de 0.0635 m (unid.)	2
Área del horno (m ²)	1.29
Área de agua (m ²)	1.39
Tubos de 0.1016 m diámetro (unid.)	22

Cuadro 21. Especificaciones de la planta de tratamiento de agua.

Características	Descripción
Bomba	Centrifuga de 5 hp
Suavizador	1
Filtro de carbón activado	1
Filtro melanina	2 micrones
Filtro melanina	5 micrones
Lámpara UV	0.63 L/s (10 gal/min)

E. Estudio económico.

Cuadro 22. Análisis de viabilidad del proyecto.

Índice	Valor
Valor actual neto	Q 44,990,255.24
Tasa interna de retorno	71.06%
Tiempo de recuperación	1 año

VIII. DISCUSIÓN

Hasta ahora Guatemala cultiva tamarindo de pulpa ácida, y según el Censo Nacional Agrícola 2004, del Instituto Nacional de Estadística, la producción es de 11 mil 415 quintales, que en su mayoría son cultivos de traspatio. El objetivo de este trabajo de tesis fue diseñar una planta productora de base de tamarindo para su aprovechamiento como materia prima, para determinar la localización y el tamaño de la planta se tomó en cuenta la oferta de tamarindo y la posible demanda del producto que se va a manufacturar, en este caso base de tamarindo, para así realizar la dimensión apropiada de la planta productora.

Actualmente el área donde más se cultiva tamarindo es en el Nororiente de Guatemala (Jutiapa, Jalapa, El progreso, Chiquimula y Zacapa) y para tener fruta fresca y minimizar el daño a la fruta por transporte se decidió localizar la planta en el departamento de Jutiapa. La capacidad de la planta se determinó tomando en cuenta la producción de tamarindo y si se asume que ésta aumentó en un 1% anualmente a partir del 2004, la cantidad de tamarindo a procesar en la planta en un año es de un 64% de la producción anual total para producir 36,432 bolsas de 5 galones de base de tamarindo.

Antes de iniciar con el diseño de la planta, se llevó a cabo la determinación de la formulación adecuada para producir la base. La formulación se realizó del 9 al 18 de octubre del 2,007 en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala y el resultado de la formulación se muestra en el cuadro 2 (pág. 14). Cabe mencionar que si se suma la proporción de agua y tamarindo que se debe agregar esta cantidad no es igual a los 457.88 kg de base de tamarindo a producir, esto se debe a que el tamarindo tiene cáscara y semillas que se eliminan durante el proceso al igual que hay agua que se evapora para concentrar el jugo de tamarindo. Otra observación importante en la formulación es que ésta no lleva ningún preservante y esto se debe a que el tamarindo posee en su composición ácido tartárico y ácido ascórbico, los cuales actúan como preservantes naturales, por lo que el producto que se obtiene es cien por ciento natural.

Para comprobar que el producto estuviera libre de microbios y fuera apto para el consumo humano se enviaron dos muestras a un laboratorio donde se les realizó un análisis microbiológico y los resultados, los cuales se muestran en el cuadro 4 (pág. 14), revelan que el producto cumple con todos los límites de detección.

Para llevar a cabo la selección y dimensión del equipo a utilizar en la línea de proceso para la fabricación de la base de tamarindo, se tomaron en cuenta tanto las características fisicoquímicas del tamarindo así como las características fisicoquímicas finales que se deseaban en el producto final, las cuales se pueden observar en el cuadro 3 (pág. 14). En el diagrama de proceso, que se puede observar en la figura 2 (pág. 15)

se resumen las operaciones que se deben realizar y en la figura 3 (pág. 16) se puede apreciar el diagrama de equipo del proceso.

La primera operación que se lleva a cabo es la recepción de materia prima, la cual no será necesario almacenarla ya que se procesará directamente. Luego de la recepción, la materia prima pasa al área de acondicionamiento en la cual se pesará y se colocará en bins para ser transportada por medio de un montacargas a la línea de proceso donde se descargará en un lavador por flotación que se describe en el cuadro 6 (pág. 21). El motivo de elección de este tipo de lavador, se debe a que el tamarindo es un fruto que está cubierto con una capa de cáscara seca y escamosa que protege la pulpa, por lo que su descarga es en agua para evitar que dicha cáscara se rompa.

El tamarindo ya lavado pasa por una banda transportadora, cuyas especificaciones se pueden observar en el cuadro 7 (pág. 21), para su selección y al mismo tiempo conduce el tamarindo hacia el descascarador. La selección es por rechazos, eliminando cualquier fruto que es demasiado pequeño, está podrido o dañado, se asume que un 5% del tamarindo que entra no es apto para proceso. Como se puede observar en las especificaciones de la banda ésta es de 1 metro de altura, 0.5 metros de ancho y su velocidad de avance es lenta para permitir a los seleccionadores detectar de forma rápida los frutos defectuosos.

La elección del descascarador, se debe a que este equipo realiza de una forma rápida y eficiente el pelado de tamarindo, ya que si esta tarea se realizara a mano sería bastante difícil debido a que la pulpa del tamarindo se pega en los guantes, al mismo tiempo que se pierde pulpa y ésta se contamina de cáscara, además que tomaría bastante tiempo.

Del descascarador se tiene otra banda transportadora, la cual se especifica en el cuadro 9 (pág. 22), para transportar el tamarindo ya pelado hacia la marmita y para su dimensionamiento se tomó en cuenta el ángulo de reposo del tamarindo ya pelado que es de 50° por lo que su transporte si es posible ya que el ángulo de inclinación de dicha banda es de 30° .

En la marmita, cuyas especificaciones se pueden observar en el cuadro 10 (pág. 23), se lleva a cabo la operación de escaldado, debido al bajo contenido de humedad del tamarindo, esta operación se debe hacer agregando agua y agitando para provocar la dispersión de la pulpa y el desprendimiento de la misma de la semilla. El agua se calienta a una temperatura de 60°C para evitar degradar los componentes nutricionales de la pulpa. El tiempo en que se lleva a cabo esta operación fue calculado con base al área de transferencia de calor y el coeficiente global de transferencia de calor de la marmita y este es de 12 minutos.

Cabe mencionar que al realizar el escaldado el rendimiento de pulpa aumenta, además de reducir la carga microbiana.

Luego del escaldado, el jugo obtenido se conduce al pulpero cuya función únicamente es eliminar las semillas, cáscaras u otros de la pulpa y el jugo de pulpa de tamarindo es conducido por tubería a un tanque de almacenamiento para evitar su contacto con el medio ambiente ya que podría provocar formación de espuma y cambios en el color.

Dicho jugo de tamarindo se procede a concentrar de 16 °Brix a 32 °Brix, en un evaporador tipo batch, cuyas especificaciones se observan en el cuadro 13 (pág. 24). Se optó por utilizar un evaporador debido a que si el jugo se calienta a una temperatura mayor de 60 °C, tanto las vitaminas como las propiedades organolépticas del producto se degradan y al utilizar un evaporador se puede concentrar a temperaturas más bajas ya que se trabaja bajo vacío además que el calentamiento que se da es más eficiente y homogéneo debido al área de transferencia de calor que éste posee y debido a su diseño. La presión de vacío que se manejará en dicho equipo es de 19.92 kPa y la temperatura a la cual se concentrará es de 60 °C.

El concentrado de tamarindo obtenido se almacena en un tanque para luego ser empacado en bolsas asépticas de 5 galones las cuales se llenarán en una llenadora aséptica, la cual se especifica en el cuadro 15 (pág. 25), para mantener la calidad del producto. Para manejar y almacenar las bolsas es necesario enfriarlas a temperatura ambiente, para lo cual se utilizará un túnel de enfriamiento, cuyas especificaciones se muestran en cuadro 16 (pág. 25).

Es importante mencionar que debido a que el concentrado que se obtiene tiene un pH de 2.8, lo cual lo hace un producto muy ácido no es necesaria su pasteurización, ya que a dicho pH los microorganismos patógenos no pueden crecer y además debido al calentamiento que se le da previamente al producto tanto los mohos como levaduras y termofilos se destruyen.

Para el manejo de fluidos en la planta se utilizan bombas centrífugas, debido a que el fluido contiene sólidos y además es viscoso; y para su conducción a través de los equipos se utiliza tubería de acero inoxidable con un diámetro de 3 pulgadas (7.62 cm).

Cabe mencionar que debido a que la calidad de los productos alimenticios es muy alta el material de todos los equipos a utilizar en el proceso es acero inoxidable 316.

Para suplir de vapor la planta se seleccionó una caldera pirotubular, cuyas especificaciones se muestran en el cuadro 19 (pág. 26). Se optó por este modelo de caldera ya que cumple con los requerimientos del consumo de vapor de la marmita y el evaporador. Para tratar el agua de alimentación de la caldera se tendrá un sistema que abarca un desgasificador, filtros de arena y resina de intercambio iónico. Con esto se asegura que el agua que entra a la caldera se encuentre en óptimas condiciones y sin dureza que pueda crear incrustaciones en los tubos internos de la misma y dificultar la transferencia de calor.

Con respecto al agua a utilizar en la planta, se cuenta con un pozo para tener un suministro constante. Dicha agua se someterá a un sistema de purificación que consta de filtros de cartucho y cloración de la misma para evitar que ésta tenga carga microbiana, ya que el agua es uno de los medios principales a través de los cuales se da origen a la contaminación y proliferación de microorganismos.

Toda vez determinado el equipo necesario y las consideraciones técnicas tanto del mismo como de los servicios auxiliares, se procedió a la determinación de la distribución de la planta (layout), el cual se observa en la figura 6 (pág. 20), en el cual se separa el área administrativa del área de producción. Como se observa tanto el área de ingreso de materia prima así como las bodegas de material de empaque, producto terminado y suministros cuentan con áreas de carga y descarga así como también se cuenta con una garita separada únicamente para el ingreso y egreso de camiones. En el área de producción se observa que el equipo está colocada en un orden coherente al proceso, para evitar el gasto de tubería, mismo motivo por el cual se optó ubicar la caldera cerca del área de producción y de los equipos que tendrán mayor uso de vapor.

Como se muestra en la distribución de la planta, ésta cuenta con un laboratorio de control de calidad, quien se encarga de asegurar la calidad de la materia prima, como del producto en proceso y el producto final. Dicho control de calidad se lleva a cabo mediante análisis microbiológicos y fisicoquímicos. Pero también se encarga de asegurar que el personal cumpla con las normas de limpieza y producción, ya que de ellas también depende la calidad del producto.

La planta también cuenta con una bodega de suministros y materiales la cual juega un papel importante junto con el taller, ya que de esta forma cualquier cambio, modificación y mantenimiento que se requiera en el área de producción se realiza de forma interna, salvo casos extremos que requieran mano de obra técnica y certificada. Cabe mencionar que la planta de producción tendrá un paro programado en la producción al mes con motivo de mantenimiento de equipo. Dicho mantenimiento será de tipo preventivo y de forma programada para no tener una reducción importante en la producción.

La rentabilidad de la planta productora de base de tamarindo se evaluó mediante un análisis económico durante un período de 10 años siendo la Tasa Interna de Retorno (TIR) de 71.06%, con un Valor Actual Neto de Q44,990,255.24. El período de recuperación de capital se da en el primer año, lo cual es aceptable para la inversión inicial y la capacidad de la planta. La inversión inicial del proyecto fue estimado en Q21,970,155.90, por lo cual se tuvo que realizar un préstamo de Q. 8,788,062.35 para evitar la descapitalización.

La Tasa Interna de Retorno se vio mayormente favorecida por el precio de venta del producto el cual es de Q 600.00, mientras que su precio de producción es de Q 135. 74. Dicho precio de venta se estableció al

cotizar el producto en Internet y en promedio éste se vende a \$ 150.00 (Q 1,158.00), pero debido a que el producto que se fabrica en la planta sólo tiene como materia prima agua y tamarindo, se optó por bajar el precio además que el quintal de tamarindo en Guatemala tiene un valor de \$ 25.00, mientras que en India éste tiene un precio de \$ 220 y en México de \$ 100.

A pesar que el valor de la TIR es alto, se realizó un análisis de sensibilidad para observar las variaciones de la TIR variando los costos variables, costos fijos y cantidad de ventas. En el análisis de sensibilidad, se observa que ni la variación en las ventas ni en los costos fijos afectan de manera determinante el valor de la TIR.

IX. CONCLUSIONES

1. La planta productora de base de tamarindo se ubicará en el departamento de Jutiapa y el área de la misma será de 6,988.96 m².
2. La capacidad de producción de la planta es de 144 bolsas asépticas de 5 galones (8 batch) de base de tamarindo por día y su precio de venta es de Q 600.00.
3. El equipo a utilizar es un lavador por flotación, descaradora, marmita, pulpero, evaporador, dos tanques de almacenamiento, evaporador, llenadora aséptica, túnel de enfriamiento y caldera pirotubular.
4. El equipo auxiliar a utilizar son dos bandas transportadoras, bombas centrífugas y tubería de acero inoxidable.
5. Para un período de evaluación de 10 años la tasa interna de retorno del proyecto es de 71.06%, el valor actual neto de Q 44,990,255.24 y el período de recuperación de capital de la inversión en la planta es de un año.

X. RECOMENDACIONES

1. Instalar un sistema de recuperación de condensados del evaporador para retornar el vapor utilizado a la caldera.
2. Realizar un estudio de mercado.
3. Realizar el Estudio de Impacto Ambiental.
4. Implementar el sistema de producción más limpia.
5. Evaluar la necesidad de la instalación de una planta de tratamiento de agua al final del proceso.
6. Implementar los sistemas ISO de producción y evaluar la cadena de producción desde el punto de vista HACCP.

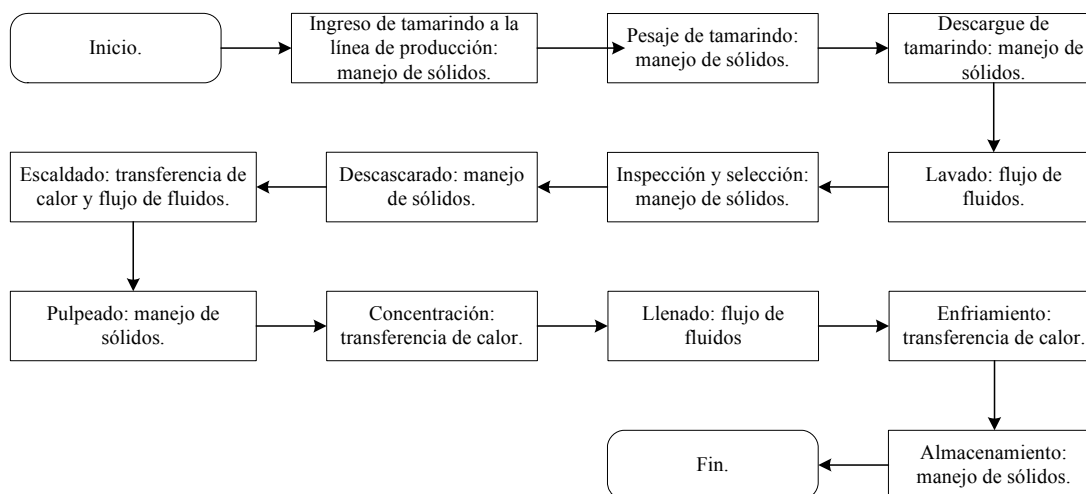
XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Bolaños, Rosa María. 2007. <<Camina producción de tamarindo dulce>>. *Prensa Libre [Guatemala]*. 5 de julio, pág 20.
2. Branan, Carl. 2000. *Soluciones prácticas para el ingeniero químico*. 2ª ed. México. McGraw-Hill. 428 págs.
3. Couper, James, et. al. 2005. *Chemical Process Equipment selection and design*. 2ª ed. Inglaterra. 814 págs.
4. Desrosier, Norman. 1977. *Elementos de tecnología de alimentos*. 1ª ed. México. Compañía editorial S. A. de C. V. 924 págs.
5. McCABE, Warren L.; Smith, Julian C. y Harriot, Meter. 2004. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química*. 6ª ed. México, D.F. 1199 págs.
6. Parrotta, John A. 1990. *Tamarindus indica L.* 1ª ed. Nuevo Orleans, Estados Unidos. 5 págs.
7. Perry, Robert y D. Green. 1997. *Perry's chemical engineers' handbook*. 7ª ed. Estados Unidos. McGraw-Hill. 2558 págs.
8. Roy, S.K. y Joshi, G.D. 1995. *Minor fruits _Tropical: Handbook of fruit science and technology*. 1ª ed. Nueva Cork, Estados Unidos. 1000 págs.

XII. APÉNDICE

A. Diagrama de operaciones unitarias para el proceso de producción de base de tamarindo.

Figura 7. Diagrama de operaciones unitarias de la planta productora de base de tamarindo.



B. Propiedades fisicoquímicas de la base de tamarindo.

1. Datos originales.

Cuadro 23. Volumen y peso de las muestras de base de tamarindo para el cálculo de la densidad.

Muestra base de tamarindo	Volumen (mL)	Peso (g)
1	20±0.5	26.8824±0.0001
2	20±0.5	26.8514±0.0001
3	20±0.5	26.9014±0.0001

Cuadro 24. pH de la base de tamarindo medido en triplicado.

Medición	Ph
1	2.8±0.1
2	2.9±0.1
3	2.8±0.1

Cuadro 25. Grados Brix de la base de tamarindo medidos en triplicado.

Medición	Ph
1	32±0.5
2	32±0.5
3	32±0.5

Cuadro 26. Viscosidad de la base de tamarindo medida en triplicado.

Medición	Viscosidad (cP)
1	3534±0.1
2	3539±0.1
3	3563±0.1

2. Cálculos de muestra.

- a. Densidad de la muestra 1 de base de tamarindo.

$$\rho_1 = \frac{m}{V}$$

donde:

ρ_1 = densidad de la base de tamarindo, g/mL.

m = masa de la base de tamarindo, g.

V = volumen de la base de tamarindo, mL.

$$\rho_1 = \frac{26.9024 \text{ g}}{20 \text{ mL}}$$

$$\rho_1 = \frac{1.3451 \text{ g}}{\text{mL}}$$

- b. Densidad promedio de la base de tamarindo.

$$\bar{\rho} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

donde:

$\bar{\rho}$ = densidad promedio de la base de tamarindo, g/mL.

ρ_1, ρ_2, ρ_3 = densidad de las 3 muestras de base de tamarindo, g/mL.

$$\bar{\rho} = \frac{(1.3441 + 1.3426 + 1.3451) \text{g/mL}}{3}$$

$$\bar{\rho} = \frac{1.3439 \text{ g}}{\text{mL}}$$

3. Análisis de error.

- a. Incertidumbre de el cálculo de densidad para la muestra 1 de base de tamarindo.

$$d\rho_1 = \pm \rho_1 \sqrt{\left(\frac{dm}{m}\right)^2 + \left(\frac{dV}{V}\right)^2}$$

donde:

ρ_1 = densidad de la base de tamarindo, g/mL..

m = masa de la base de tamarindo, g.

V = volumen de la base de tamarindo, mL.

$$d\rho_1 = \pm 1.3431 \text{ g/mL} \sqrt{\left(\frac{0.0001 \text{ g}}{26.8824 \text{ g}}\right)^2 + \left(\frac{0.05 \text{ mL}}{20 \text{ mL}}\right)^2}$$

$$d\bar{\rho} = \pm 0.00336 \text{ g/mL.}$$

- b. Desviación estándar de la densidad promedio de la base de tamarindo.

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

donde:

σ = desviación estándar.

x = datos de la población.

\bar{x} = promedio o media aritmética.

n = número total de datos en la población.

$$\sigma = \sqrt{\frac{(1.3441-1.3439)^2 + (1.3426-1.3439)^2 + (1.3451-1.3439)^2}{3-1}}$$

$$\sigma = 0.0012$$

4. Datos calculados.

Cuadro 27. Densidad de las muestras de base de tamarindo.

Muestra	Densidad (g/mL)
1	1.3441±0.0033
2	1.3426±0.0034
3	1.3451±0.0034

Cuadro 28. Densidad, pH, grados Brix y viscosidad promedio de la base de tamarindo.

Propiedad	Resultado
Densidad promedio	1.3439±0.0012
pH promedio	2.83±4.2147×10 ⁻⁸
Grados Brix promedio	32±0°Brix
Viscosidad promedio	3.89±0.0155 Pa·s

C. Balance de masa.

1. Datos originales.

Cuadro 29. Porcentaje de cáscara, semilla y pulpa del tamarindo.

Descripción	Porcentaje
Cáscara	11 %
Semilla	34 %
Pulpa	55 %
Total	100 %

2. Cálculos de muestra.

a. Requerimiento de fruta.

$$F = F_E(1 - \%_{F,N})$$

donde:

F = tamarindo requerido, kg.

F_E = tamarindo en la entrada, kg.

%_{F,N} = porcentaje de tamarindo no apto.

$$F = \frac{474 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}}(1 - 0.05)$$

$$F = \frac{450.30 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}}$$

b. Tamarindo sin cáscara.

$$F_{s-c} = F(1 - 0.11)$$

donde:

F_{s-c} = tamarindo sin cáscara, kg.

F = tamarindo requerida, kg.

$$F_{s-c} = \frac{450.30 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}}(1 - 0.11)$$

$$F = \frac{400.77 \text{ kg tamarindo sin cáscara}}{\text{batch}}$$

c. Cantidad de agua a agregar.

$$A = F_{s-c} \left(\frac{2 \text{ kg agua}}{\text{kg tamarindo}} \right)$$

donde:

A = agua a agregar, kg.

F_{s-c} = tamarindo sin cáscara, kg.

$$A = \frac{400.77 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}} \left(\frac{2 \text{ kg agua}}{\text{kg tamarindo}} \right)$$

$$A = \frac{801.53 \text{ kg agua}}{\text{batch}}$$

d. Masa del escaldado.

$$V_e = F_{s-c} + A$$

donde:

V_e = masa de escaldado, kg.

A = agua a agregar, kg.

F_{s-c} = tamarindo sin cáscara, kg.

$$V_e = \left(\frac{400.77 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}} \right) + \left(\frac{801.53 \text{ kg agua}}{\text{batch}} \right)$$

$$V_e = \frac{1,202.30 \text{ kg escaldado}}{\text{batch}}$$

e. Masa de pulpa.

$$V_{pulpa} = (F_{s-c} \times 0.55) + A$$

donde:

V_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

A = agua a agregar, kg.

F_{s-c} = tamarindo sin cáscara, kg.

$$V_{pulpa} = \left(\frac{450.30 \text{ kg tamarindo}}{\text{batch}} \times \frac{0.55 \text{ kg pulpa}}{\text{kg tamarindo}} \right) + \left(\frac{801.53 \text{ kg agua}}{\text{batch}} \right)$$

$$V_{pulpa} = \frac{1,049.20 \text{ kg pulpa}}{\text{batch}}$$

f. Residuo de pulpa que permanece en el pulpero.

$$R_{pulpa} = V_{pulpa} \times \frac{0.005 \text{ kg residuo}}{\text{kg pulpa}}$$

donde:

R_{pulpa} = residuo de pulpa, kg.

V_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

$$R_{pulpa} = \frac{1,049.20 \text{ kg pulpa}}{\text{batch}} \times \frac{0.005 \text{ kg residuo}}{\text{kg pulpa}}$$

$$R_{pulpa} = \frac{5.25 \text{ kg residuo}}{\text{batch}}$$

g. Masa de pulpa en la salida.

$$V_{pulpa-s} = V_{pulpa} - R_{pulpa}$$

donde:

$V_{pulpa-s}$ = masa de pulpa en la salida, kg.

V_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

R_{pulpa} = residuo de pulpa, kg.

$$V_{pulpa-s} = \frac{1,049.20 \text{ kg pulpa}}{\text{batch}} - \frac{5.25 \text{ kg residuo}}{\text{batch}}$$

$$V_{pulpa-s} = \frac{1,043.95 \text{ kg pulpa}}{\text{batch}}$$

h. Proporción de agua y pulpa en el volumen de pulpa a concentrar.

$$\alpha_{a \text{ lim entaci-n}} = \frac{m_{\text{agua}}}{m_{\text{pulpa}}}$$

donde:

$\alpha_{\text{alimentación}}$ = proporción de agua y pulpa en solución de pulpa a concentrar, kg agua/kg pulpa.

m_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

m_{agua} = masa de agua, kg.

$$\alpha_{a \text{ lim entaci-n}} = \frac{86 \text{ kg agua}}{14 \text{ kg pulpa}}$$

$$\alpha_{a \text{ lim entaci-n}} = \frac{6.14 \text{ kg agua}}{\text{kg pulpa}}$$

i. Proporción de agua y pulpa en el volumen de pulpa en el concentrado de tamarindo.

$$\alpha_{\text{concentrado}} = \frac{m_{\text{agua}}}{m_{\text{pulpa}}}$$

donde:

$\alpha_{\text{concentrado}}$ = proporción de agua y pulpa en solución de pulpa a concentrar, kg agua/kg pulpa.

m_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

m_{agua} = masa de agua, kg.

$$\alpha_{\text{concentrado}} = \frac{68 \text{ kg agua}}{32 \text{ kg pulpa}}$$

$$\alpha_{\text{concentrado}} = \frac{2.13 \text{ kg agua}}{\text{kg pulpa}}$$

j. Cantidad de agua evaporada por kilogramo de pulpa a concentrar.

$$A_{\text{evaporada}} = \alpha_{\text{alimentación}} - \alpha_{\text{concentrado}}$$

donde:

$A_{\text{evaporada}}$ = masa de agua evaporada, kg agua evaporada/ kg pulpa.

$\alpha_{\text{alimentación}}$ = proporción de agua y pulpa en solución de pulpa a concentrar, kg agua/kg pulpa.

$\alpha_{\text{concentrado}}$ = proporción de agua y pulpa en solución de pulpa a concentrar, kg agua/kg pulpa.

$$A_{\text{evaporada}} = (6.14 - 2.13) \frac{\text{kg agua}}{\text{kg pulpa}}$$

$$A_{\text{evaporada}} = 4.01 \frac{\text{kg agua}}{\text{kg pulpa}}$$

k. Cantidad de agua evaporada por masa de pulpa total a concentrar.

$$A_{\text{eva-tot}} = V_{\text{pulpa-s}} \left(\frac{14 \text{ kg pulpa}}{\text{kg solución}} \right) A_{\text{evaporada}}$$

donde:

$A_{\text{eva-tot}}$ = masa de agua evaporada por masa de pulpa total a concentrar, kg.

$V_{\text{pulpa-s}}$ = masa de pulpa en la salida, kg.

$A_{\text{evaporada}}$ = masa de agua evaporada, kg agua evaporada/ kg pulpa.

$$A_{\text{eva-tot}} = \left(\frac{1043.95 \text{ kg sol}}{\text{batch}} \right) \left(\frac{14 \text{ kg pulpa}}{\text{kg solución}} \right) \left(\frac{4.01 \text{ kg agua evaporada}}{\text{kg pulpa}} \right)$$

$$A_{\text{eva-tot}} = \frac{586.08 \text{ kg agua evaporada}}{\text{batch}}$$

l. Flujo de concentrado de tamarindo por batch.

$$F_{\text{concentrado}} = V_{\text{pulpa-s}} - A_{\text{eva-tot}}$$

donde:

$F_{\text{concentrado}}$ = flujo de concentrado de tamarindo, kg concentrado/batch.

$A_{\text{eva-tot}}$ = masa de agua evaporada por masa de pulpa total a concentrar, kg.

$V_{\text{pulpa-s}}$ = masa de pulpa en la salida, kg.

$$F_{\text{concentrado}} = \left(\frac{1043.95 \text{ kg sol}}{\text{batch}} \right) - \left(\frac{586.08 \text{ kg agua evaporada}}{\text{batch}} \right)$$

$$F_{\text{concentrado}} = \frac{457.88 \text{ kg concentrado tamarindo}}{\text{batch}}$$

m. Cantidad de bolsas de 5 galones de concentrado de tamarindo por batch.

$$B_{\text{concentrado}} = F_{\text{concentrado}} \left(\frac{1}{\rho_{\text{concentrado}}} \right) \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} \right) \left(\frac{1 \text{ bolsa}}{5 \text{ gal}} \right)$$

donde:

$B_{\text{eva-tot}}$ = cantidad de bolsas de 5 galones de concentrado de tamarindo por batch.

$F_{\text{concentrado}}$ = flujo de concentrado de tamarindo, kg concentrado/batch.

$\rho_{\text{concentrado}}$ = densidad del concentrado, kg/L.

$$B_{\text{concentrado}} = \left(\frac{457.88 \text{ kg conc. tamarindo}}{\text{batch}} \right) \left(\frac{1 \text{ L conc.}}{1.3439 \text{ kg conc.}} \right) \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} \right) \left(\frac{1 \text{ bolsa}}{5 \text{ gal}} \right)$$

$$B_{\text{concentrado}} = \frac{18.00 \text{ bolsas}}{\text{batch}}$$

3. Datos calculados.

Cuadro 30. Balance de masa por batch para la línea de producción de base de tamarindo.

Equipo	Componentes	Entrada (kg/batch)	Salida (kg/batch)	Acumulación (kg/batch)
Lavador rotatorio	Tamarindo con cáscara	474.00	474.00	
Banda transportadora para selección de tamarindo	Tamarindo con cáscara	474.00		
	Tamarindo no apto		23.70	
	Tamarindo apto		450.30	
Descascaradota	Tamarindo con cáscara	450.30		
	Tamarindo sin cáscara		400.77	
	Cáscara		49.53	
Banda transportadora	Tamarindo sin cáscara	400.77	400.77	
Marmita con agitación para escaldado	Tamarindo sin cáscara	400.77		
	Agua	801.53		
	Vapor	127.48		
	Mezcla agua-tamarindo		1202.30	
	Condensados		127.48	
Pulpeador	Mezcla agua-tamarindo	1202.30		
	Solución de pulpa		1043.95	
	Semillas		153.10	
	Residuo			5.25
Tanque almacenamiento	Solución de pulpa	1043.95	1043.95	
Evaporador	Solución de pulpa	1043.95		
	Vapor	597.54		
	Concentrado de tamarindo		457.88	
	Condensados		597.54	
	Agua evaporada		586.08	
Tanque almacenamiento	Concentrado de tamarindo	457.88	457.88	
Llenadora aséptica	Concentrado de tamarindo	457.88	18 bolsas	
Túnel de enfriamiento	Concentrado de tamarindo	18 bolsas	18 bolsas	

D. Balance de energía.

1. Datos originales.

Cuadro 31. Volumen, temperatura inicial y final y tiempo de calentamiento del agua y la solución de pulpa de tamarindo.

Solución	Volumen (mL)	Temperatura inicial (K)	Temperatura final (K)	Tiempo de calentamiento (s)
Agua	100	297.65	306.15	120
Solución de pulpa de tamarindo	100	299.15	305.15	120

Cuadro 32. Constantes de la ecuación para calcular la capacidad calorífica del agua.

Componentes	A	B	C	D
Agua	8.712	1.25×10^{-3}	-1.8×10^{-7}	0

2. Cálculos de muestra.

a. Relación de temperatura.

$$\tau = \frac{T_f}{T_o}$$

donde:

τ = relación de temperatura.

T_f = temperatura final, K.

T_o = temperatura inicial, K.

$$\tau = \frac{306.15 \text{ K}}{297.65 \text{ K}}$$

$$\tau = 1.029$$

b. Capacidad calorífica del agua.

$$\frac{Cp}{R} = A + \frac{B}{2} T_o (\tau + 1) + \frac{C}{3} T_o^2 (\tau^2 + \tau + 1)$$

donde:

C_p = capacidad calorífica.

R = constante universal de los gases.

τ = relación de temperatura.

A,B,C = constantes.

T_o = temperatura inicial, K.

$$\frac{C_p}{R} = 8.712 + \frac{1.25 \times 10^{-3}}{2} (297.65 \text{ K})(1.029 + 1) + \frac{(-1.8 \times 10^{-7})}{3} (297.65 \text{ K})^2 (1.029^2 + 1.029 + 1)$$

$$\frac{C_p}{R} = 9.073$$

c. Calor absorbido por el agua.

$$Q_{\text{agua}} = m_{\text{agua}} C_p R (T_f - T_o)$$

donde:

Q_{agua} = calor absorbido por el agua, kJ.

m_{agua} = masa de agua, kmol.

C_p = capacidad calorífica.

R = constante universal de los gases.

T_f = temperatura final del agua, K.

T_o = temperatura inicial del agua, K.

$$Q_{\text{agua}} = (100 \text{ mL}) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \left(\frac{997.172 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1 \text{ mol}}{18.01 \text{ g}} \right) (9.073) \left(\frac{8.314 \text{ J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) (306.15 - 297.65) \text{K}$$

$$Q_{\text{agua}} = 3,550.05182 \text{ J}$$

d. Capacidad calorífica de la solución tamarindo-agua.

$$C_{p_{\text{tam-agua}}} = \frac{m_{\text{tam-agua}} (T_f - T_o)}{Q_{\text{agua}}}$$

donde:

$C_{p_{\text{tam-agua}}}$ = capacidad calorífica de la solución de tamarindo-agua, kJ/kmol·K.

Q_{agua} = calor absorbido por el agua, kJ.

$m_{\text{tam-agua}}$ = masa de solución de tamarindo-agua, kmol.

T_f = temperatura final de la solución de tamarindo-agua, K.

T_o = temperatura inicial de la solución de tamarindo-agua, K.

$$C_{p_{tam-agua}} = \frac{3,550.05182 \text{ J}}{(100 \text{ mL}) \left(\frac{1 \text{ L}}{1000 \text{ mL}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{1000 \text{ L}} \right) \left(\frac{899.4 \text{ Kg}}{1 \text{ m}^3} \right) (305.15 \text{ K} - 299.15 \text{ K})}$$

$$C_{p_{tam-agua}} = \frac{6,578.5557 \text{ J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$$

e. Calor requerido para el escaldado de tamarindo en la marmita.

$$Q_{\text{escaldado}} = m_{\text{escaldado}} C_{p_{tam-agua}} (T_f - T_o)$$

donde:

$Q_{\text{escaldado}}$ = calor requerido para el escaldado de tamarindo en la marmita, kJ.

$C_{p_{tam-agua}}$ = capacidad calorífica de la solución de tamarindo-agua, kJ/kmol·K.

$m_{\text{escaldado}}$ = masa de escaldado, kmol.

T_f = temperatura final, K.

T_o = temperatura inicial, K.

$$Q_{\text{escaldado}} = \left(\frac{1202.30 \text{ kg}}{\text{batch}} \right) \left(\frac{6,578.5557 \text{ J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right) \left(\frac{1 \text{ kJ}}{1000 \text{ J}} \right) (60 - 25) \text{ K}$$

$$Q_{\text{escaldado}} = \frac{276,829.14 \text{ kJ}}{\text{batch}}$$

f. Flujo de vapor requerido para escaldar por batch.

$$m_{\text{vapor}} = \frac{Q_{\text{escaldado}}}{\Delta H_{\text{evaporación}}}$$

donde:

m_{vapor} = masa de vapor por batch, kg/batch.

$Q_{\text{escaldado}}$ = calor absorbido por el escaldado de tamarindo en la marmita, kJ.

$\Delta H_{\text{evaporación}}$ = entalpía de vaporización a 275.79 kPa, kJ/kg.

$$m_{\text{vapor}} = \frac{276,829.14 \text{ kJ/batch}}{2171,62 \text{ kJ/kg}}$$

$$m_{\text{vapor}} = \frac{127.48 \text{ kg}}{\text{batch}}$$

g. Calor de entrada en la marmita por batch.

$$Q_{entrada} = m_{vapor} H_{vapor}$$

donde:

$Q_{entrada}$ = calor de entrada en la marmita, kJ/batch.

H_{vapor} = entalpía del vapor saturado a 275.79 kPa, kJ/kg.

m_{vapor} = masa de vapor, kg/batch.

$$Q_{entrada} = \left(\frac{127.48 \text{ kg}}{\text{batch}} \right) \left(\frac{2720.82 \text{ kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$Q_{entrada} = \frac{346,838.89 \text{ kJ}}{\text{batch}}$$

h. Calor de salida en la marmita por batch.

$$Q_{salida} = Q_{entrada} - Q_{escaldado}$$

donde:

Q_{salida} = calor de salida en la marmita, kJ/batch

$Q_{entrada}$ = calor de entrada en la marmita, kJ/batch

$Q_{escaldado}$ = calor absorbido por el escaldado de tamarindo en la marmita, kJ.

$$Q_{salida} = \frac{346,838.89 \text{ kJ}}{\text{batch}} - \frac{276,829.14 \text{ kJ}}{\text{batch}}$$

$$Q_{salida} = \frac{70,009.75 \text{ kJ}}{\text{batch}}$$

3. Datos calculados.

Cuadro 33. Balance de energía por batch para la línea de producción de base de tamarindo.

Equipo	Descripción	Entrada (kJ/batch)	Salida (kJ/batch)
Marmita con agitación para escaldado	Calor entrada	346,838.89	
	Calor absorbido	276,829.14	
	Calor salida		70,009.75
Evaporador	Calor entrada	1,559,408.60	
	Calor absorbido	1,416,655.52	
	Calor salida		142,753.08

E. Dimensión del equipo.

- a. Determinación del volumen de la marmita para el escaldado de tamarindo.

$$V_{marmita} = \frac{V_e}{\rho_e}$$

donde:

 $V_{marmita}$ = volumen de la marmita de escaldado, gal. V_e = volumen de de escaldado, kg/batch. ρ_e = densidad del escaldado, 899.4 kg/m³.

$$V_{marmita} = 1202.30 \text{ kg} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{899.4 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} \right)$$

$$V_{marmita} = 353.18 \text{ gal} (1336.78 \text{ L}) \approx 400 \text{ gal}$$

- b. Diámetro del agitador de la marmita para el escaldado de tamarindo.

$$D_{agitador} = \frac{1}{3} D_{marmita}$$

donde:

 $D_{agitador}$ = diámetro del agitador, m.

D_{marmita} = diámetro de la marmita, m.

$$D_{\text{agitador}} = \frac{1}{3}(1.57\text{m})$$

$$D_{\text{agitador}} = 0.52\text{m}.$$

c. Altura del agitador de la marmita para el escaldado de tamarindo.

$$H_{\text{agitador}} = \frac{1}{3}D_{\text{marmita}}$$

donde:

H_{agitador} = altura del agitador medida desde el fondo de la marmita, m.

D_{marmita} = diámetro de la marmita, m.

$$H_{\text{agitador}} = \frac{1}{3}(1.57\text{ m})$$

$$H_{\text{agitador}} = 0.52\text{ m}.$$

d. Altura de las paletas de agitación de la marmita.

$$W = \frac{1}{5}D_{\text{agitador}}$$

donde:

W = altura de las paletas de agitación, m.

D_{agitador} = diámetro del agitador, m.

$$W = \frac{1}{5}(0.52\text{ m})$$

$$W = 0.104\text{ m}.$$

e. Largo de las paletas de agitación.

$$L = \frac{1}{4}D_{\text{agitador}}$$

donde:

L = largo de las paletas de agitación, m.

D_{agitador} = diámetro del agitador, m.

$$L = \frac{1}{4}(0.52\text{ m})$$

$$L = 0.13\text{ m}$$

f. Número de Reynolds del escaldado en la marmita.

$$\text{Re} = \frac{D_{\text{agitador}}^2 n \rho}{\mu}$$

donde:

Re = Número de Reynolds, adimensional.

μ = viscosidad de la solución, Pa·s.

n = revoluciones por segundo, s⁻¹.

D_{agitador} = diámetro del agitador, m.

ρ = densidad de la solución, kg/m³.

$$\text{Re} = \frac{(0.52 \text{ m})^2 (1.5 \text{ s}^{-1}) \left(899.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)}{1.22 \text{ Pa} \cdot \text{s}}$$

$$\text{Re} = 299$$

Para $\text{Re} = 299 \cdot \text{Np} = 4$

$$\text{Np} = \frac{P}{n^3 D_{\text{agitador}}^5 \rho}$$

$$P = \text{Np} n^3 D_{\text{agitador}}^5 \rho$$

$$P = 4 (1.5 \text{ s}^{-1})^3 (0.52 \text{ m})^5 \left(899.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)$$

$$P = 461.64 \text{ W (0.62 hp)}$$

g. Coeficiente global de transferencia de calor de la marmita para el escaldado de tamarindo.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_o} + \frac{x_w}{k_m} + \frac{1}{h_{i_o}}}$$

donde:

U = coeficiente global de transferencia de calor, W·m⁻²·K⁻¹.

h_o = coeficiente de transferencia de calor por convección en la parte exterior del tubo, W·m⁻²·K⁻¹.

h_i = coeficiente de transferencia de calor por convección en la parte interior del tubo, W·m⁻²·K⁻¹.

x_w = espesor de pared del recipiente, m.

k_m = conductividad térmica de la pared del recipiente, W·m⁻¹·K⁻¹.

$$U = \frac{1}{\frac{1}{13,000 \text{ W/m}^2\text{K}} + \frac{0.008 \text{ m}}{16.269 \text{ W/mK}} + \frac{1}{1700 \text{ W/m}^2\text{K}}}$$

$$U = 864.38 \text{ W/m}^2\text{K}.$$

- h. Área de transferencia de calor necesaria para la marmita para el escaldado de tamarindo.

$$A = \frac{Q}{U\Delta T}$$

donde:

Q = cantidad de calor requerida, kJ.

A = área de transferencia de calor en la marmita, m².

U = coeficiente global de transferencia de calor, W·m⁻²·K⁻¹.

ΔT = diferencial de temperatura, °C.

$$A = \frac{276,829.14 \text{ kJ}/3600 \text{ s}}{(864.38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}/1000)(60 - 25)^\circ \text{C}}$$

$$A = 2.54 \text{ m}^2$$

- i. Tiempo requerido para escaldar el tamarindo en la marmita.

$$t = \left(\frac{mC_p}{UA} \right) \ln \left(\frac{T_a - T_v}{T_b - T_v} \right)$$

donde:

m = masa de materia a calentar, kg.

C_p = capacidad calorífica de la masa a calentar, J·kg⁻¹·K⁻¹.

U = coeficiente global de transferencia de calor, W·m⁻²·K⁻¹.

T_v = temperatura del vapor, °C.

T_a = temperatura inicial de la materia, °C.

T_b = temperatura final de la materia, °C.

t = tiempo para alcanzar la temperatura deseada, s.

$$t = \left[\frac{(1,202.30 \text{ kg}) \left(\frac{6,578.5557 \text{ J}}{\text{kg} \cdot \text{K}} \right)}{(864.38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K})(2.54 \text{ m}^2)} \right] \ln \left(\frac{60^\circ \text{C} - 130.68^\circ \text{C}}{25^\circ \text{C} - 130.68^\circ \text{C}} \right)$$

$$t = 702.44 \text{ s} = 11.71 \text{ min} \approx 12 \text{ min}$$

j. Volumen del tanque de almacenamiento de la pulpa de tamarindo.

$$V_{t-pulpa} = \frac{V_{pulpa}}{\rho_e}$$

donde:

V_{pulpa} = masa de pulpa, kg.

ρ_e = densidad del escaldado, 899.4 kg/m³.

$$V_{t-pulpa} = 1043.95 \text{ kg} \left(\frac{1 \text{ m}^3}{899.4 \text{ kg}} \right) \left(\frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \right) \left(\frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} \right)$$

$$V_{t-pulpa} = 306.66 \text{ gal} (1160.72 \text{ L}) \approx 350 \text{ gal.}$$

k. Diámetro del tanque de almacenamiento de pulpa de tamarindo.

$$D_{t-pulpa} = H$$

donde:

$D_{t-pulpa}$ = diámetro del tanque, m.

H = altura del líquido en el tanque, m.

$$V_{t-pulpa} = V_{cilindro} + V_{1/2esfera}$$

$$V_{t-pulpa} = \frac{1}{4} \pi D^2 H + \frac{1}{12} \pi D^3$$

$$V_{t-pulpa} = \frac{1}{4} \pi D^3 + \frac{1}{12} \pi D^3$$

$$V_{t-pulpa} = \frac{1}{3} \pi D^3$$

$$D_{t-pulpa} = \sqrt[3]{\frac{3(1.32 \text{ m}^3)}{\pi}}$$

$$D_{t-pulpa} = 1.08 \text{ m.}$$

- l. Altura del tanque de almacenamiento de pulpa de tamarindo.

$$H_{t-pulpa} = 1.4D_{t-pulpa}$$

donde:

$H_{t-pulpa}$ = altura total del tanque, m.

$$H_{t-pulpa} = 1.4(1.08 \text{ m})$$

$$H_{t-pulpa} = 1.51 \text{ m.}$$

- m. Ancho efectivo de la banda transportador de selección de tamarindo.

$$b = 0.9B - 0.05$$

donde:

b = ancho efectivo de banda, m.

B = ancho de banda, m.

$$b = 0.9(0.5 \text{ m}) - 0.05$$

$$b = 0.4 \text{ m}$$

- n. Flujo volumétrico de tamarindo en la banda transportadora.

$$f_v = \frac{m}{\rho_{\text{tamarindo}}}$$

donde:

f_v = flujo volumétrico de tamarindo, m^3/s .

m = flujo másico de tamarindo, kg/h .

$\rho_{\text{tamarindo}}$ = densidad del tamarindo, kg/m^3 .

$$f_v = \left(\frac{474 \text{ kg}}{\text{h}} \right) \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right) \left(\frac{1 \text{ m}^3}{507.69 \text{ kg}} \right)$$

$$f_v = 2.59 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}$$

- o. Velocidad de avance de la banda transportadora.

$$v = \frac{f_v}{bh}$$

donde:

v = velocidad de avance, m/s .

h = altura que ocupa el tamarindo en la banda, m.

$$v = \frac{2.59 \times 10^{-4} \text{ m}^3 / \text{s}}{(0.4\text{m})(0.01\text{m})}$$

$$v = 0.065 \text{ m} / \text{s}$$

p. Potencia horizontal de la banda transportadora para la selección de tamarindo.

$$P_h = \left[0.4 + \frac{L}{(300)(0.3048)} \right] \left(\frac{0.74624m}{100000} \right)$$

donde:

P_h = potencia horizontal, kW.

L = Longitud de la banda, m.

m = flujo másico de tamarindo, kg/h.

$$P_h = \left[0.4 + \frac{5 \text{ m}}{300(0.3048)} \right] \left[\frac{0.74624(474 \text{ kg/h})}{100000} \right]$$

$$P_h = 1.61 \times 10^{-3} \text{ kW} (2.16 \times 10^{-3} \text{ hp})$$

q. Potencia vertical de la banda transportadora para la selección de tamarindo.

$$P_v = \frac{7.4624 \times 10^{-4} \text{ Hm}}{304.8}$$

donde:

P_v = potencia vertical, kW.

H = elevación de la banda, m.

m = flujo másico de tamarindo, kg/h.

$$P_v = \frac{7.4624 \times 10^{-4} (0 \text{ m})(474 \text{ kg/h})}{304.8}$$

$$P_v = 0 \text{ kW}.$$

r. Potencia en vacío de la banda transportadora para la selección de tamarindo.

$$P_e = \frac{60(0.74624)P_{Lv}}{30.48}$$

donde:

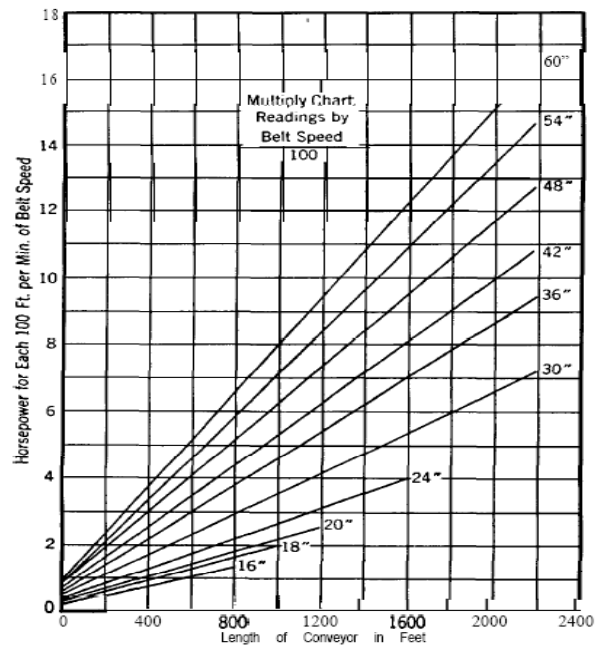
P_e = potencia en vacío, kW.

p_L : Pérdidas por longitud de transporte, hp/100ft.

$$P_e = \frac{60(0.74624)(hp / 100 ft)(0.065m / s)}{30.48}$$

$$P_e = 0.095kW(0.13hp)$$

Figura 8. Determinación de las pérdidas de energía por longitud de transporte.



- s. Potencia del motor de la banda transportadora para la selección de tamarindo.

$$P = \frac{P_H + P_V + P_E}{\eta}$$

donde:

P = potencia de la banda, kW..

P_e = potencia en vacío, kW.

P_h = potencia horizontal, kW.

P_v = potencia vertical, kW

η = eficiencia del motor, adimensional.

$$P = \frac{(1.61 \times 10^{-3} + 0 + 0.095)kW}{0.90}$$

$$P = 0.11kW(0.14hp)$$

t. Caldera

$$bhp = m_{vapor} \left(\frac{1 \text{ bhp}}{15.7 \text{ kgvapor/h}} \right)$$

donde:

bhp = potencia de la caldera, bhp.

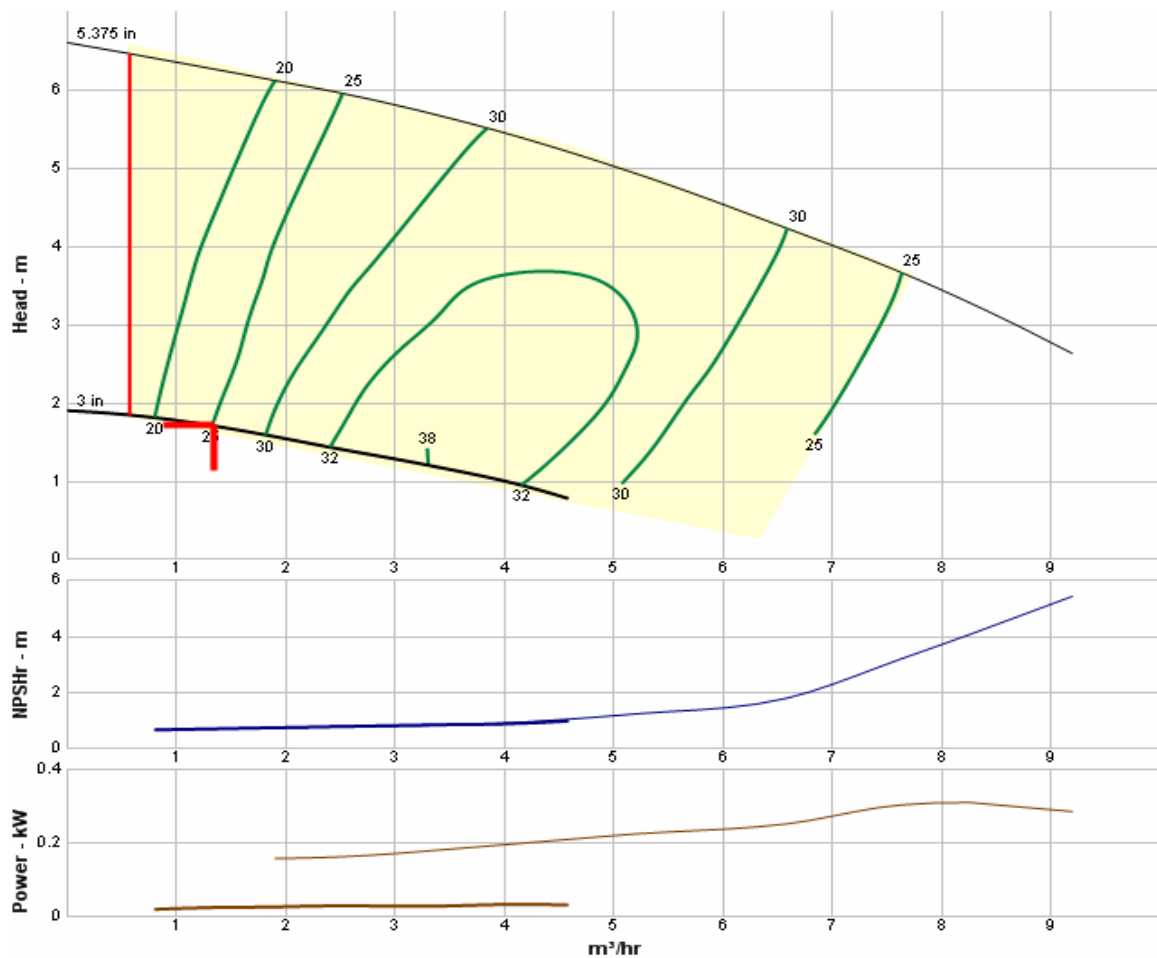
m_{vapor} = masa de vapor, kg/h.

$$bhp = \frac{725.02 \text{ kg vapor}}{h} \left(\frac{1 \text{ bhp}}{15.7 \text{ kgvapor/h}} \right)$$



$$bhp = 46.18 \text{ bhp}$$

u. Curva de bomba centrífuga de 1.34 m³/h.

Figura 9. Curva de bomba centrífuga a utilizar para bombeo de fluido.



F. Análisis microbiológico.

	INLASA, S.A. 29 calle 19-11 Zona 12 Telefonos: 24761795,96,24760337 Fax: 24769349 E-Mail: info@inlasa.com www.inlasa.com	Número: 2-2007 Hoja 1 de 1	
	INFORME DE RESULTADOS		
	Cliente: (0436) DIEGO MONSANTO Dirección: Ciudad	Fecha de ingreso: 12/Dic/2007 Hora de ingreso: 11:00 Orden de ingreso: 2007002331 Responsable de muestreo: DIEGO MONSANTO	Fecha de análisis: 12/Dic/2007 Hora de análisis: 15:50
	<hr/> Muestra: (18703) CONCENTRADO DE TAMARINDO 07 #1 Descripción:		
ANÁLISIS	RESULTADO	LIMITE DE DETECCIÓN	METODOLOGIA
E. coli	Negativo	<10UFC/g	FDA BAM cap 4
Mohos Levaduras	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 18
Recuento Coliformes Totales	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 4
Recuento Aerobico Total	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 3
Observaciones:			
Muestra: (18705) CONCENTRADO DE TAMARINDO #2 Descripción:			
ANÁLISIS	RESULTADO	LIMITE DE DETECCIÓN	METODOLOGIA
E. coli	Negativo	<10UFC/g	FDA BAM cap 4
Mohos Levaduras	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 18
Recuento Coliformes Totales	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 4
Recuento Aerobico Total	<10 UFC/g	<10 UFC/g	FDA BAM cap 3
Observaciones:			
<hr/> Última Línea **			
Estos resultados corresponden únicamente a las muestras recibidas por el personal del Laboratorio. Se prohíbe la reproducción total o parcial de éste informe sin la autorización del Director Técnico.			
Lic. R60 Panigua Piloña Químico Biólogo, Colegiado 1347 Director Técnico INLASA, S.A.			Supervisado por: 

G. Flujo de caja.

Cuadro 34. Salarios del personal de la planta productora de base de tamarindo.

Gerencia	Departamento	Puesto	Cantidad	Duración jornada (h)	Sueldo base (mensual)
Logística	Bodegas	Bodeguero Producto Terminado	3	10	Q 1,400.00
		Bodeguero Material de Empaque	2	10	Q 1,400.00
		Bodeguero Suministros	2	10	Q 1,400.00
		Jefe Bodegas	1	10	Q 2,000.00
	Transporte	Choferes	3	8	Q 1,400.00
		Policía	5	12	Q 1,400.00
	Compras	Compradores	2	8	Q 1,600.00
	Gerencia	Gerente	1	EC	Q 8,000.00
Secretaria		1	8	Q 1,500.00	
Operaciones	Laboratorio	Técnico Analista PT	2	10	Q 1,600.00
		Técnico Analista MP	1	10	Q 1,600.00
		Jefe de Control de Calidad	1	EC	Q 5,000.00
	Mantenimiento	Mecánicos	1	10	Q 1,800.00
		Limpieza	3	10	Q 1,200.00
		Jefe de Mantenimiento	1	EC	Q 2,000.00
	Producción	Operarios	14	10	Q 1,400.00
		Supervisor	1	10	Q 2,000.00
		Empacador	4	10	Q 1,400.00
		Jefe de Producción	1	EC	Q 5,000.00
	Gerencia	Gerente de Operación	1	EC	Q 8,000.00
Secretaria		1	8	Q 1,500.00	
Ventas	Ventas	Vendedores	3	8	Q 1,600.00
		Gerente	1	EC	Q 8,000.00
Finanzas	Contabilidad	Contadores	1	8	Q 2,000.00
		Auditor	1	EC	Q 5,000.00
	Créditos y Cobranzas	Caja	1	8	Q 1,500.00
		Cobrador	1	8	Q 1,500.00
		Mensajeros	2	8	Q 1,200.00
	Gerencia	Secretaria	1	8	Q 1,500.00
		Gerente general	1	EC	Q 12,000.00

Cuadro 35. Porcentaje de prestaciones laborales.

Prestaciones	Porcentaje
IGSS	10.67%
IRTRA	1.00%
INTECAP	1.00%
Bono 14	8.33%
Aguinaldo	8.33%
Pasivo Laboral	8.33%

Cuadro 36. Costo de equipo.

No.	Equipo	Costo unitario	Costo equipos
1	Báscula	Q 10,000.00	Q 10,000.00
1	Lavador de frutas	Q 70,000.00	Q 70,000.00
1	Descascarador	Q 50,203.13	Q 50,203.13
1	Pulpero	Q 52,737.09	Q 52,737.09
2	Tanque de almacenamiento	Q 28,687.50	Q 57,375.00
1	Marmita	Q 113,709.60	Q 113,709.60
1	Llenadora aséptica	Q 208,450.00	Q 208,450.00
2	Bandas transportadoras para fruta	Q 60,894.00	Q 121,788.00
5	Bombas centrífugas	Q 106,335.00	Q 531,675.00
1	Evaporador	Q 2,000,000.00	Q 2,000,000.00
1	Filtro de cartuchos	Q 19,397.00	Q 19,397.00
1	Filtro de carbón activado	Q 8,139.60	Q 8,139.60
1	Tanque de clorinación	Q 24,072.83	Q 24,072.83
1	Tanque para secuestrador de Oxígeno	Q 45,209.95	Q 45,209.95
1	Filtro de Resinas de intercambio iónico	Q 13,897.40	Q 13,897.40
1	Caldera	Q 1,741,389.80	Q 1,741,389.80
1	Bomba de alimentación a caldera	Q 144,622.00	Q 144,622.00
1	Túnel de refrigeración	Q 770,000.00	Q 770,000.00
10	Extintores CO2 de 10 lbs.	Q 500.00	Q 5,000.00
1	Vehículos	Q 90,000.00	Q 90,000.00
2	Camiones	Q 150,000.00	Q 300,000.00
1	Aistalente para tubería de vapor	Q 5,173.00	Q 5,173.00

Cuadro 37. Costo de materia prima y material de empaque.

Año/material	Tamarindo (Q)	Bolsa aséptica (Q)
1	11,376.00	255,024.00
2	12,058.56	270,325.00
3	12,782.07	286,545.00
4	13,549.00	303,738.00
5	14,361.94	321,962.00
6	15,233.65	341,280.00
7	16,137.07	361,756.00
8	17,105.30	383,462.00
9	18,131.62	406,470.00
10	19,219.51	430,858.00

Figura 10. Cambio en la Tasa Interna de Retorno (TIR) al variar las ventas.

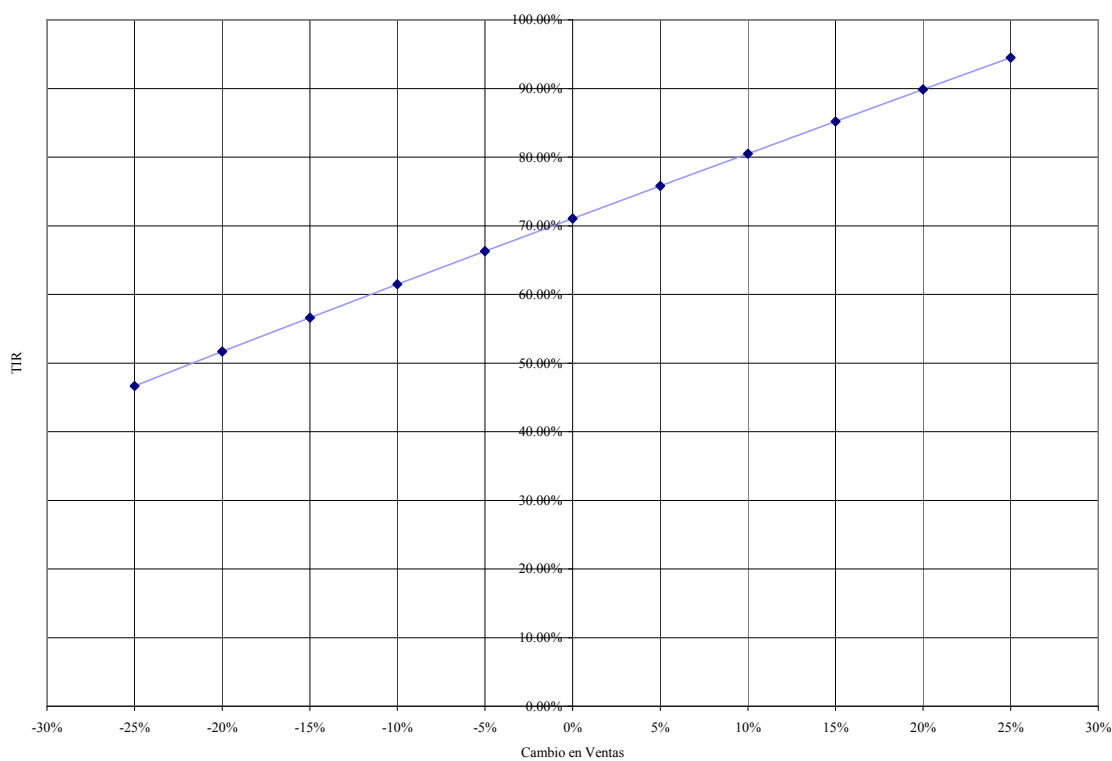


Figura 11. Cambio en el Valor Actual Neto al variar las ventas.

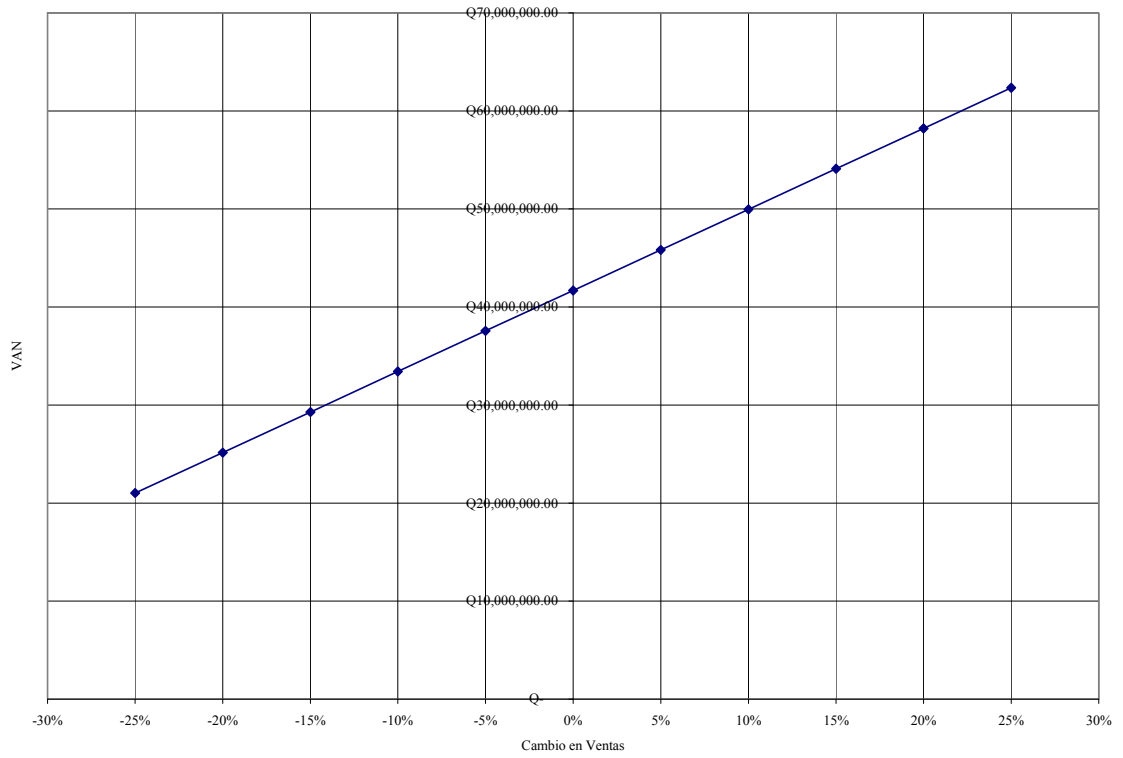


Figura 12. Cambio en el Valor Actual Neto (VAN) al variar los costos fijos.

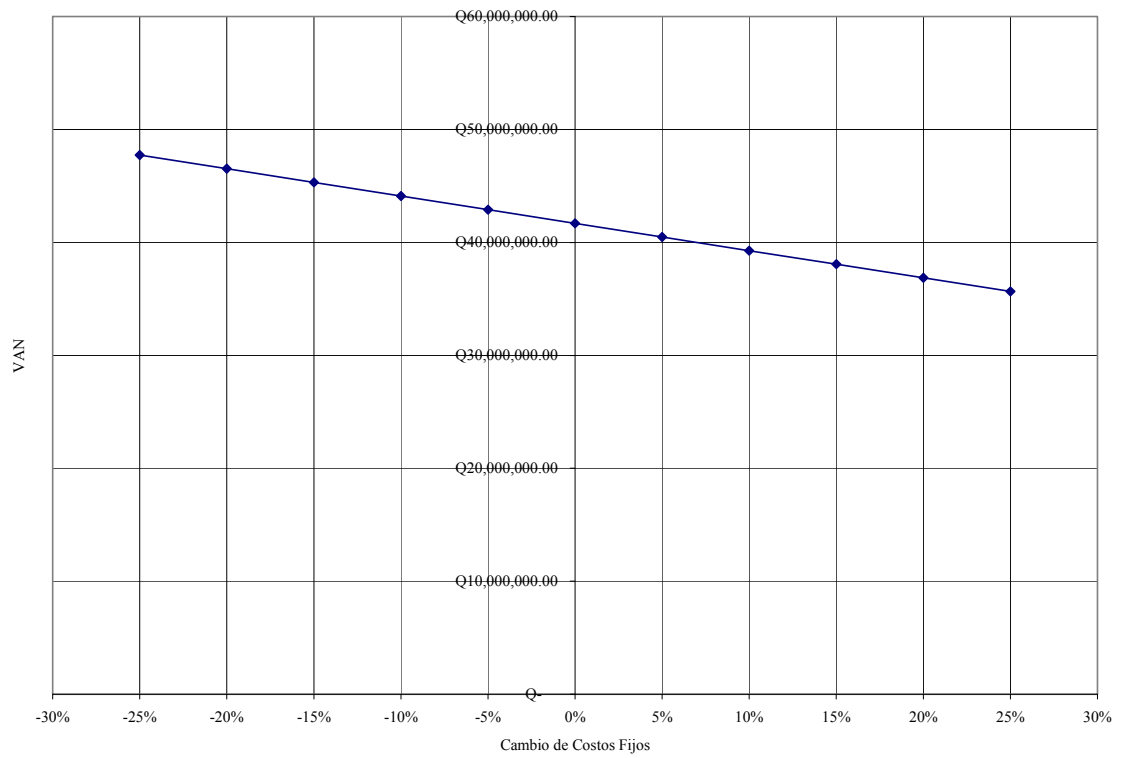
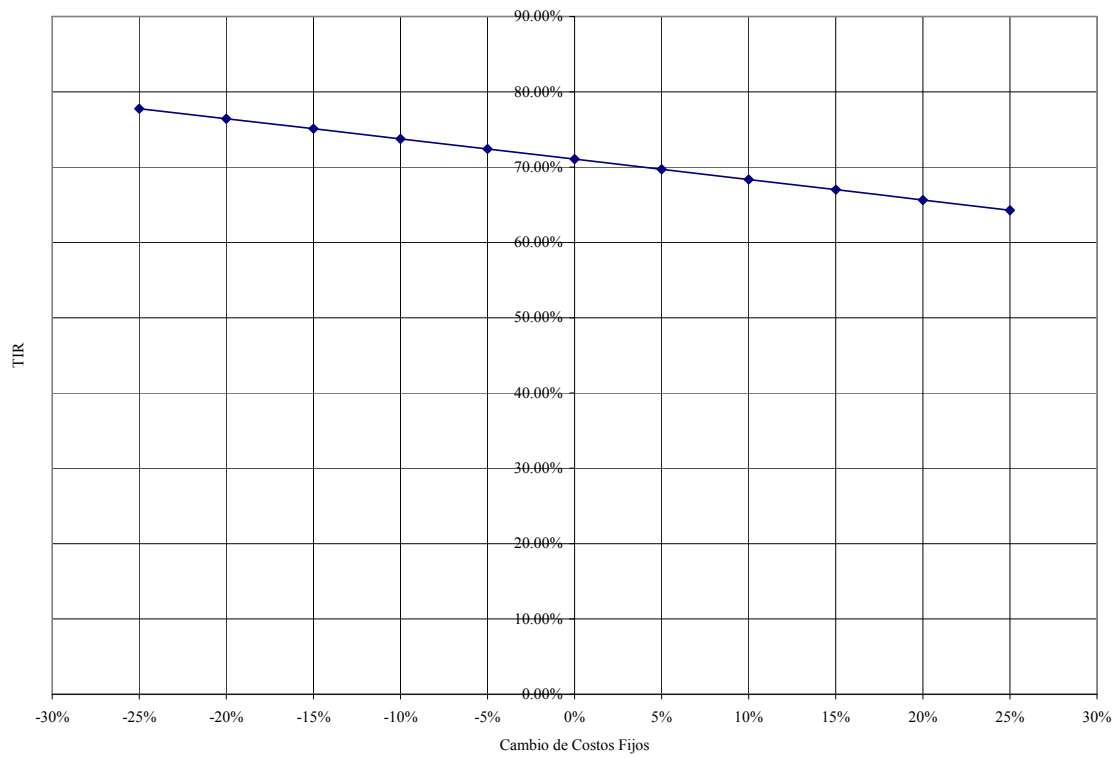


Figura 13. Cambio en la Tasa Interna de Retorno (TIR) al variar los costos fijos.



Cuadro 38. Flujo de caja de la planta productora de base de tamarindo.

Item/Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ingresos		Q 21,859,200.00	Q 23,170,752.00	Q 24,560,997.12	Q 26,034,656.95	Q 27,596,736.36	Q 29,252,540.55	Q 31,007,692.98	Q 32,868,154.56	Q 34,840,243.83	Q 36,930,658.46
Costo Materia Prima		Q (11,376.00)	Q (12,058.56)	Q (12,782.07)	Q (13,549.00)	Q (14,361.94)	Q (15,223.65)	Q (16,137.07)	Q (17,105.30)	Q (8,131.62)	Q (19,219.51)
Costo Material de Empaque		Q (255,024.00)	Q (270,325.44)	Q (286,544.97)	Q (303,737.66)	Q (321,961.92)	Q (341,279.64)	Q (361,756.42)	Q (383,461.80)	Q (406,469.51)	Q (430,857.68)
Costo Mantenimiento		Q (800,000.00)	Q (920,000.00)	Q (1,058,000.00)	Q (1,216,700.00)	Q (1,399,205.00)	Q (1,609,085.75)	Q (1,850,448.61)	Q (2,128,015.90)	Q (2,447,218.29)	Q (2,814,301.03)
Costo Servicios Auxiliares		Q (1,350,000.00)	Q (1,431,000.00)	Q (1,516,860.00)	Q (1,607,871.60)	Q (1,704,343.90)	Q (1,806,604.53)	Q (1,915,000.80)	Q (2,029,900.85)	Q (2,151,694.90)	Q (2,280,796.59)
Gastos administrativos		Q (2,647,321.68)	Q (2,901,909.07)	Q (3,181,347.67)	Q (3,488,085.00)	Q (3,824,812.22)	Q (4,194,487.28)	Q (4,600,361.47)	Q (5,046,008.62)	Q (5,535,357.13)	Q (6,072,725.36)
Depreciación		Q (1,579,805.53)	Q (2,730,861.08)	Q (2,212,886.09)	Q (1,798,506.09)	Q (1,467,577.62)	Q (1,201,396.02)	Q (1,083,412.83)	Q (1,083,412.83)	Q (1,083,412.83)	Q (1,083,412.83)
Intereses		Q (1,054,567.48)	Q (994,473.84)	Q (927,168.95)	Q (851,787.48)	Q (767,360.24)	Q (672,801.72)	Q (566,896.18)	Q (448,281.98)	Q (315,434.07)	Q (166,644.41)
Utilidad antes de impuesto		Q 14,161,105.30	Q 13,910,124.01	Q 15,365,407.37	Q 16,754,420.11	Q 18,097,113.53	Q 19,411,661.95	Q 20,613,679.59	Q 21,731,967.28	Q 22,882,525.48	Q 24,062,701.03
Impuesto		Q (4,389,942.64)	Q (4,312,138.44)	Q (4,763,276.28)	Q (5,193,870.23)	Q (5,610,105.20)	Q (6,017,615.21)	Q (6,390,240.67)	Q (6,736,909.86)	Q (7,093,582.90)	Q (7,459,437.32)
Utilidad Neta		Q 9,771,162.66	Q 9,597,985.57	Q 10,602,131.08	Q 11,560,549.88	Q 12,487,008.34	Q 13,394,046.75	Q 14,223,438.92	Q 14,995,057.42	Q 15,788,942.58	Q 16,603,263.71
Depreciación		Q 1,579,805.53	Q 2,730,861.08	Q 2,212,886.09	Q 1,798,506.09	Q 1,467,577.62	Q 1,201,396.02	Q 1,083,412.83	Q 1,083,412.83	Q 1,083,412.83	Q 1,083,412.83
Inversión	Q (21,970,155.90)										
Préstamo	Q 8,788,062.36										
Capital de trabajo	Q (3,295,523.38)										Q 3,295,523.38
Amortización de préstamo		Q (500,780.39)	Q (560,874.03)	Q (628,178.92)	Q (703,560.39)	Q (787,987.64)	Q (882,546.15)	Q (988,451.69)	Q (1,107,065.89)	Q (1,239,913.80)	Q (1,388,703.46)
Flujo de caja	Q (16,477,616.92)	Q 10,850,187.81	Q 11,767,972.62	Q 12,186,838.25	Q 12,655,495.58	Q 13,166,598.32	Q 13,712,896.62	Q 14,318,400.06	Q 14,971,404.36	Q 15,632,441.61	Q 19,593,496.47

Cuadro 39. Punto de equilibrio para la planta productora de base de tamarindo.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Punto de Equilibrio		8,440	8,703	8,982	9,278	9,591	9,922	10,273	10,646	11,041	11,461
Costo Unitario		Q138.99	Q151.93	Q166.21	Q181.98	Q199.40	Q218.67	Q240.00	Q263.63	Q289.82	Q318.89
Precio de venta		Q600.00	Q636.00	Q674.16	Q714.61	Q757.49	Q802.94	Q851.11	Q902.18	Q956.31	Q1,013.69

Cuadro 40. Préstamo para la planta productora de base de tamarindo.

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Capital deuda	Q8,788,062.36	Q8.788.062,36	Q8.287.281,97	Q7.726.407,94	Q7.098.229,02	Q6.394.668,63	Q5.606.680,99	Q4.724.134,84	Q3.735.683,15	Q2.628.617,26	Q1.388.703,46
Cuota fija		Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87	Q1.555.347,87
Interés		Q1.054.567,48	Q994.473,84	Q927.168,95	Q851.787,48	Q767.360,24	Q672.801,72	Q566.896,18	Q448.281,98	Q315.434,07	Q166.644,41
Amortización		Q500.780,39	Q560.874,03	Q628.178,92	Q703.560,39	Q787.987,64	Q882.546,15	Q988.451,69	Q1.107.065,89	Q1.239.913,80	Q1.388.703,46

Cuadro 41. Tasa de préstamo bancario, tasa de impuesto y porcentaje de préstamo.

Tasa de préstamo bancario	12%
Tasa de impuesto	31%
Porcentaje de préstamo	40%

XIII. GLOSARIO

Base de fruta: es el producto obtenido a partir del jugo de frutas por eliminación, mediante procedimientos físicos de una parte de su agua de constitución.

bhp (boiler horse power): potencia de caldera, medida del régimen de vaporización de agua; un caballo-caldera es igual a la evaporación, en una hora, de 34 1/2 libras (15.7 kilogramos) de agua a 212° F (100°C) a vapor a 212° F.

Cavitación: es la vaporización súbita del líquido dentro de la bomba, reduce la capacidad de la misma y puede dañar sus partes internas.

Envasado aséptico: consiste en un sistema de llenado que funciona en condiciones estériles en máquinas herméticamente selladas equipadas con sistemas de esterilización para el envasado antes del llenado, utilizando peróxido de hidrógeno que se distribuye a través de una corriente de aire caliente, creando así una atmósfera libre de bacterias en la sección de llenado.

Escaldado: Consiste en someter la fruta a un calentamiento corto. Se realiza para ablandar la fruta y con esto aumentar el rendimiento de pulpa; también se reduce la carga microbiana que aún permanece sobre la fruta y para inactivar enzimas que producen cambios indeseables de apariencia, color, aroma y sabor en la pulpa.

Grados Brix: los grados Brix miden la cantidad de **sólidos solubles** presentes en un jugo o pulpa expresados en porcentaje de sacarosa.

NPSH (Net positive suction head): en español se traduce como carga neta positiva de aspiración, la cual es la diferencia entre la presión existente a la entrada de la bomba y la presión de vapor del líquido que se bombea. Esta diferencia es la necesaria para evitar la cavitación.

pH: es una medida de la acidez o alcalinidad de una solución. Soluciones acuosas a 25 °C con un pH inferior a siete se consideran ácidos, mientras que los que tienen un pH superior a siete se consideran básicas (alcalina).

Pulpa: es el producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias.

Pulpeado: Este proceso consiste en obtener la pulpa o jugo, libre de cáscaras y pepas. La fruta es pulpeada con su cáscara, tomando en cuenta que ésta última no tenga ninguna sustancia que al pasar a la pulpa le ocasione cambios en sus características organolépticas.