



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A
PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE**

José Alfredo Ortiz Herincx
Asesorado por el Ing. Qco. Jorge Emilio Godínez Lemus

Guatemala, mayo de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A
PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ALFREDO ORTIZ HERINCX
ASESORADO POR EL ING. QCO. JORGE EMILIO GODÍNEZ LEMUS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO QUÍMICO

GUATEMALA, MAYO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Otto Raúl de León de Paz
EXAMINADOR	Víctor Herberth de León Morales
EXAMINADORA	Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIO	Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha diciembre de 2009.

José Alfredo Ortiz Herincx



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala 21 de Marzo de 2012


Ingeniero
Williams Álvarez Mejía
Director de Escuela de Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Ing. Williams Álvarez

Atentamente me dirijo a usted, para notificarle que ha sido concluido satisfactoriamente el Informe Final del Trabajo de Graduación del estudiante José Alfredo Ortíz Herincx, estudiante de la carrera de Ingeniería Química, quien se identifica con carnet número 2004-12792, titulado: "ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE"

Me permito informarle que después de haber realizado la revisión del respectivo informe y haberle hecho las correcciones pertinentes, considero que llena los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, quedo a su entera disposición, respetuosamente,


Ing. Qc. Jorge Emilio Godínez Lemus
Colegiado Nb. 874
ASESOR



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

PROGRAMA DE INGENIERÍA
QUÍMICA ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Periodo 2009 - 2012

72 FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA



ACAAI
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Guatemala, 28 de marzo de 2012
Ref. EI.Q.TG-IF.016.2012

Ingeniero
Williams Guillermo Álvarez Mejía
DIRECTOR
Escuela Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Álvarez:

Como consta en el Acta TG-250-2010-IF le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por el estudiante universitario: **José Alfredo Ortíz Herincx**

Identificado con número de carné: **2004-12792**

Previo a optar al título de INGENIERO QUÍMICO.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por el Ingeniero: **Jorge Emilio Godínez**

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga. Teresa Lisely de León Arana
COORDINADORA DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



ESCUELA DE
INGENIERIA QUIMICA

C.c.: archivo

PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ACREDITADO POR
Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería
Período 2009 - 2012



Agencia Centroamericana de Acreditación de
Programas de Arquitectura y de Ingeniería

FORMANDO INGENIEROS QUÍMICOS EN GUATEMALA Desde 1939



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Ref.EIQ.TG.067.2012

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación del estudiante, **JOSÉ ALFREDO ORTIZ HERINCX** titulado: "**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE**". Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

Ing. Williams Guillermo Álvarez Mejía; C.Dr.
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, mayo de 2012

Cc: Archivo
WGAM/ale

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.197-2012

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al trabajo de graduación titulado: **ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA FABRICACIÓN DE PANELA GRANULADA A PARTIR DEL GUARAPO DE CAÑA DE AZÚCAR A TRAVÉS DE UN TRAPICHE**, presentado por el estudiante universitario **José Alfredo Ortiz Herincx**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en funciones



Guatemala, mayo de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios todopoderoso	Por darme sabiduría, paciencia y entendimiento.
Mi padres	Edy Ortiz y Marissa Herincx, por el amor y apoyo incondicional brindado.
Mis hermanos	Saris, Omar, Claudia, Flor y Jorge por mi punto de apoyo.
Mi familia	Mariana Elizabeth y María José Ortiz Urizar, por mi apoyo y mi compañía en la vida..
Mis amigos	Por todos los momentos compartidos y apoyo desinteresado gracias.
Mis tíos	Juan Manuel, Hercilia Ortiz Garzo y Mauricio Jiménez, por darme el respaldo necesario cuando lo necesitaba.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida y sabiduría para poder alcanzar esta meta.
Mis padres	Por su amor, esfuerzo, entrega y dedicación incondicional en mi vida.
Mis hermanos	Quienes me motivaron a alcanzar el éxito, gracias por su apoyo.
Mis abuelitos	Alfredo Ortiz, Hercilia de Ortiz, José Rafael Herincx y Griselda de Herincx.
Mis amigos	Por su amistad y colaboración.
Maritza Monroy y Julián Herincx	Por su comprensión y sus consejos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN	IX
OBJETIVOS / HIPÓTESIS.....	XI
INTRODUCCIÓN	XIII
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Materia prima.....	3
2.2. Molino de tres masas.....	4
2.3. Depósito y filtrado	5
2.4. Ajuste de la acidez.....	6
2.5. Planas.....	7
2.6. Viuda	8
2.7. Siembra de cristales	9
2.8. Batido	10
2.9. Moldes	10
2.10. Molino	10
2.11. Tamizado.....	10
3. DISEÑO METODOLÓGICO	11
3.1. Variables.....	11

3.1.1.	Definición operacional de las variables	11
3.2.	Tipo de estudio y diseño general.....	12
3.3.	Recursos humanos y físicos.....	13
3.4.	Material de escritorio	13
3.5.	Localización.....	14
3.5.1.	Reactivos.....	14
3.5.2.	Equipo	14
3.5.3.	Cristalería	14
3.6.	Técnica cualitativa o cuantitativa.....	14
3.7.	Recolección y ordenamiento de la información	15
4.	RESULTADOS.....	17
4.1.	Balance de masa.....	17
4.2.	Balance de energía.	21
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	45
	CONCLUSIONES.....	47
	RECOMENDACIONES.....	49
	BIBLIOGRAFÍA.....	51

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Caña plantilla.....	4
2.	Caña soca	4
3.	Molino de tres masas	5
4.	Filtro y tanque con talud	6
5.	Cal hidratada.....	7
6.	Planas en serie para captación y cocción del guarapo	8
7.	Cristalización desordenada de la panela	9
8.	Balance de masa para la fabricación de panela.....	17
9.	Evaporación de agua, en el proceso de formación de meladura y magma	18
10.	Proceso de cristalización de panela granulada	18
11.	Diagrama del proceso de formación de panela granulada	20
12.	Balance de energía al formarse las cenizas.....	21
13.	Balance de energía al efectuar la transferencia de calor	21
14.	Balance de energía al formarse las cenizas.....	22
15.	Diagrama de flujo del proceso.....	24
16.	Diagrama de flujo del proceso producción azúcar granulada.....	26
17.	Diagrama de flujo del proceso producción azúcar granulada.....	27
18.	Diagrama de flujo del proceso producción azúcar granulada.....	28
19.	¿Conoce la panela/rapadura?.....	29
20.	¿Ha consumido panela/rapadura?.....	29
21.	¿Le es agradable el sabor a panela/rapadura?	30
22.	¿Cree que se podría sustituir el azúcar por panela/rapadura?	30

23.	¿La utilizaría como sustituto de azúcar si en el mercado lo encontrara en la misma presentación?	31
24.	¿Estaría dispuesto a cambiar el azúcar por panela granulada?.....	31
25.	¿Cuánto pagaría por este sustituto del azúcar?	32
26.	¿En qué lugares le gustaría comprar este producto?	32
27.	¿Cuántas libras de azúcar consume semanalmente?	33
28.	¿Qué aspecto calificaría cuando compra el producto?.....	33
29.	¿Compra de panela granulada según sexo?.....	34
30.	¿Compra de panela granulada según rango de edades?.....	34

TABLAS

I.	Patrones de medición	11
II.	Lista de variables a manipular	12
III.	Variables de respuesta	12
IV.	Balance de masa	19
V.	Balance de energía.....	23
VI.	Costos de mano de obra.....	35
VII.	Depreciación por línea recta	35
VIII.	Costo de mano de obra	36
IX.	Análisis general de costos	36
X.	Costos operativos	39
XI.	Costos y ventas anuales de producción	41
XII.	Flujo de efectivo para cinco años	41
XIII.	Diagrama de flujo ya simplificado sobre costos	42
XIV.	Valor Presente Neto.....	43

LISTA DE SÍMBOLOS

IPA	Alcohol isopropílico
C	Concentración (porcentaje en peso)
ρ	Densidad de la solución (g/mL)
°B	Grados brix
°C	Grados Celsius
P	Peso (g)
%	Porcentaje
V	Volumen (mL)

GLOSARIO

Abono	Es cualquier sustancia orgánica o inorgánica que mejora la calidad del sustrato a nivel nutricional para las plantas arraigadas en éste.
A granel	Carga que es usualmente depositada o vertida con una pala, balde o cangilón, como líquido o sólido que se transporta sin empaquetar, ni embalar en grandes cantidades.
Al vacío	Proceso de eliminación del vapor de una cámara.
Azúcar blanca	Es el azúcar, moldeada en forma de trocitos o terrones, con 99,5% de sacarosa. También denominada azúcar sulfitada.
Azúcar moscabado	Es el azúcar de caña de segunda producción o azúcar morena o negra; es menos refinado y más dulce que el blanco. Tiene un color marrón oscuro y una gran cantidad de melaza lo que le da un gusto muy particular así como una textura pegajosa.
Bagazo	Residuo de caña de azúcar que se exprime para sacarles zumo.

Cachaza	Sólidos no azúcares.
Caña de azúcar	Planta originaria de la India, con tallo macizo, hojas largas y flores purpúreas. Del tejido esponjoso de su tallo se extrae el azúcar.
Cengicaña	Centro Guatemalteco de Investigación de la Caña de Azúcar.
Clarificación de la meladura	Separar por flotación los materiales livianos no azúcares que no se eliminaron por decantación.
Melaza	Líquido pastoso, de color pardo oscuro y sabor muy dulce, que queda de la cristalización de la caña de azúcar o remolacha.
Panela	Evaporación de los jugos de la caña y de la siguiente cristalización de la sacarosa, sin que se someta a procesos de refinado o centrifugado o a otro proceso químico
Zafra	Tiempo que dura la cosecha de la caña de azúcar.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación se realizó un estudio técnico-financiero con el objetivo de evaluar la factibilidad de implementar un proceso alternativo a la fabricación de panela a partir de guarapo de caña de azúcar en un trapiche tradicional, en el cual se determinó la rentabilidad del proceso de producción de azúcar granulada, en comparación la producción de panela actual.

El proyecto se llevó a cabo en el trapiche Las Ilusiones ubicado en la aldea El Chupadero, Nueva Santa Rosa.

OBJETIVOS

General

Realizar un estudio de factibilidad técnica-económica para la fabricación de panela granulada a partir del guarapo de caña en un trapiche tradicional, en el municipio de Nueva Santa Rosa.

Específicos

1. Realizar un balance de masa y energía de la producción de panela actual, en un trapiche del municipio de Nueva Santa Rosa.
2. Realizar un diagrama de flujo del sistema de producción actual.
3. Realizar un balance de masa y energía para la el proceso de producción incluyendo el de fabricación de azúcar granulada.
4. Elaborar un diagrama de flujo para la producción de azúcar granulada.
5. Elaborar un análisis de aceptación del producto a través de encuestas.
6. Realizar un estudio del valor presente neto (V.P.N.) y de tasa interna de retorno (T.I.R.), para la implementación del nuevo proceso.

HIPÓTESIS

Es posible obtener panela granulada como producto alternativo a la producción artesanal de la panela, con viabilidad técnica y financiera.

INTRODUCCIÓN

La panela es una alternativa de sustento de familias del municipio de Nueva Santa Rosa, quienes procesan alrededor de 134 hectáreas de caña de azúcar, produciendo alrededor de 4800 cargas de panela por zafra; pero enfrentan dificultades para modernizar su producción y expandir sus mercados, ya que su producción se orienta al mercado interno, lo cual no le permite ampliar su demanda fácilmente.

Debido a que no se ha manufacturado otro producto derivado de la panela, se plantea la fabricación de la azúcar granulada, utilizando el mismo equipo, implementando un proceso de semillamiento (siembra de cristales), el cambio de tipo de molde para el cuaje de la panela, y la fabricación de un molino para desintegración de la panela, para luego realizar una clasificación por tamizado, separando los cristales de $35\mu\text{m}$, para finalmente, realizar el empaque.

Como referencia, el trabajo será desarrollado para la implementación del proceso de siembra de cristales en la fabricación de azúcar granulada con la variedad de caña (Canal Point, Florida, USA) CP 722086, lote 72 variedad 2086; dicha investigación se realizó en el trapiche Las Ilusiones propiedad del señor Alfredo Ortiz García, ubicado en la aldea El Chupadero Latitud $14^{\circ}23'02.13''\text{N}$ longitud $90^{\circ}15'53.99''\text{W}$ a 998 929 metros sobre el nivel del mar, del municipio de Nueva Santa Rosa, el cual consta de un clima semitemplado oscilando en época de zafra entre los 25°C a 30°C , logrando así tener otra alternativa para el proceso de la caña de azúcar.

1. ANTECEDENTES

La caña de azúcar en el municipio de Nueva Santa Rosa se empezó a cultivar en los años de 1960 en la Finca Escamillas, ubicada en la aldea Chapas, propiedad del señor Oscar Escamillas Valenzuela, donde se producían semanalmente 1723 651 kilogramos de panela, donde se utilizaban bueyes para poder extraer el guarapo, utilizando peroles para los cocimientos del guarapo.

Al pasar el tiempo se obtuvieron trapiches importados de Europa, los cuales eran movidos por motores diesel donde se ganó tiempo y eficiencia, cambiando así el sistema de cocción pasando de peroles a planas, aumentando también la siembra de caña de azúcar.

La comercialización del producto se fue expandiendo y así creciendo la demanda se empezó a vender en los depósitos de Amatitlán, Tecpán, Chimaltenango, y la terminal de la zona 4 de la ciudad capital, la demanda fue disminuyendo y los trapiches fueron incrementando; los costos de la carga de dulce fueron disminuyendo hasta llegar a un precio de producción igualado al precio de venta; baja del precio, la mayoría de productores iniciaron a cambiar el cultivo y con ello el abandono de la maquinaria para la producción de panela.

2. MARCO TEÓRICO

La panela es un derivado de la caña de azúcar y se caracteriza por ser un producto integral, puesto que contiene todos los componentes del jugo de la caña de azúcar y es a su vez natural, pues durante el proceso no se le agregan sustancias artificiales para darle color, sabor o textura; las unidades productivas donde se elabora este producto se le llama trapiche; a continuación se mostrará la metodología a seguir para la fabricación de la panela.

2.1. Materia prima

La caña de azúcar (*Saccharum Officinarum L.*) es una gramínea del género *Saccharum*, originaria de Nueva Guinea, cultivada en zonas tropicales y subtropicales; su reproducción es agámica y sus raíces muy ramificadas. Su forma es recta con tallos cilíndricos de 2 a 5 metros de altura, diámetro variable de 2 a 4 cm y nudos pronunciados sobre los cuales se insertan alternadamente las hojas delgadas.

En las figuras 1 y 2 se muestra la variedad CP 72-2086, tanto en plantilla como en soca; dicha variedad se evaluará para la siembra de cristales que en la fabricación de panela granulada serán utilizadas.

Figura 1. **Caña plantilla**



Fuente: plantación del ingenio de la finca Las Ilusiones.

Figura 2. **Caña soca**



Fuente: plantación del ingenio de la finca Las Ilusiones.

2.2. **Molino de tres masas**

Se realiza la extracción de los jugos por compresión física de la caña al pasar a través de las masas o rodillos del molino (ver figura 3), obteniéndose además, el residuo sólido llamado bagazo (utilizado como materia combustible).

La humedad del bagazo fluctúa entre 50 y 60% y depende del grado de extracción del molino, la variedad y grosor de la caña.

Figura 3. **Molino de tres masas**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.

2.3. Deposito y filtrado

Consiste en separar residuos de la caña (bagacillo) o tierra. Estos tres sólidos se conocen como sólidos insolubles. La prelimpieza se hace dejando desplazar lentamente el jugo, por depósitos con fondo en forma de V o talud, donde los sólidos insolubles flotan y los más pesados se van al fondo, quedando el jugo limpio en medio o en el centro del tanque (ver figura 4).

Figura 4. **Filtro y tanque con talud**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.

2.4. Ajuste de la acidez

Para facilitar el proceso de clarificación se ajusta la acidez del jugo hasta un pH entre 5,8 y 6,2, mediante la adición de cal hidratada (ver figura 5) que tiene como fin la desestabilización de las fuerzas que mantienen unidas las partículas sólidas. La lechada de cal se prepara disolviendo 200 gramos de cal en un litro de agua; aunque la preparación de lechada de cal no obedece a cantidades precisas, es subjetiva, a criterio del operario de turno.

Figura 5. **Cal hidratada**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.

2.5. Planas

Se utilizan para la recolección y cocción del jugo de caña de azúcar o guarapo.

El jugo clarificado pasa a la zona de cocción donde se encuentran las hornillas, la chimenea y el precalentador (ver figura 6). Es aquí donde se realiza el proceso de evaporación y concentración del jugo que proviene de la molienda. Las etapas de evaporación y concentración, así como la fase anterior a la clarificación, se llevan a cabo en la hornilla para aumentar el contenido de los sólidos solubles desde 16 a 21 grados Brix hasta 90 o 94 grados Brix en el que se alcanza el punto de miel o panela.

Las mieles alcanzan una temperatura promedio de 120 grados centígrados. El volumen de jugo clarificado pasa a una paila en la que se divide en cinco partes, dependiendo de la cantidad de jugo clarificado, con el fin de facilitar su manejo, mejorar la eficiencia de la evaporación y aumentar la calidad final de la panela.

Figura 6. **Planas en serie para captación y cocción del guarapo**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.

2.6. Viuda

Es donde ocurre la cristalización; es un proceso importante, ya que se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan, envolviendo fenómenos de difusión, provocando la formación de núcleos y crecimiento de cristales, a través de la transferencia de masa y energía, (ver figura 7).

Figura 7. **Cristalización desordenada de la panela**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.

2.7. Siembra de cristales

Esta es la nueva etapa para la fabricación de panela, donde se efectuará cuando se alcancen los grados Brix necesarios para el semillamiento, y así obtener un crecimiento uniforme de los granos de panela siendo para el presente caso $35\mu\text{m}$, deseados con fines de comercialización.

Un cristal puede ser definido como un sólido compuesto de átomos arreglados en orden, en un modelo de tipo repetitivo. La distancia interatómica en un cristal de cualquier material definido es constante y es una característica del material. Debido a que el patrón o arreglo de los átomos es repetido en todas direcciones, existen restricciones definidas en el tipo de simetría que el cristal posee. La medida establecida se debe a que la velocidad de crecimiento es superior, ya que existe mayor área superficial expuesta para la adsorción del mismo.

2.8. Batido

Se efectúa en la paila para poder enfriar la miel y luego verterla a los moldes.

2.9. Moldes

Es el instrumento que le da forma a la panela; puede ser cuadrada o semiesférica, dependiendo de la necesidad; aquí lleva un periodo de secado de 15 a 20 minutos, donde después se procede a la envoltura y pasa a la bodega como producto terminado.

En este proceso se cambiará el tipo de molde haciéndolo más pequeño, con el fin de minimizar el tiempo de formación de la azúcar granulada, haciendo más practica la manipulación del producto.

2.10. Molino

Este será el nuevo equipo para la fabricación de panela granulada, el cual será de tres masas, donde se introducirá la azúcar granulada para su desintegración y obtener el grano deseado.

2.11. Tamizado

Este se efectuará para obtener el grano más uniforme hasta llegar a un milímetro después de su tamizado, y así poder comercializarlo.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Variables

Una variable es un símbolo que representa un elemento o cosa no especificada de un conjunto dado. Dicho conjunto es llamado conjunto universal de la variable, universo o variar de la variable, y cada elemento del conjunto es un valor de la variable.

3.1.1. Definición operacional de las variables

A continuación se describen los tipos de variables y las unidades de medida que se utilizan.

Tabla I. Patrones de medición

No.	Variabes	Unidad de medida	Independientes	Controlables
	Análisis del sistema			
	Temperatura	°C	x	x
	Flujo másico de entrada	Kg / s	x	
	Flujo másico de salida	Kg / s	x	
	°Brix	Adimensional	x	x

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. **Lista de variables a manipular**

No.	Variable
1	°Brix
2	Temperatura

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Variables de respuesta**

No.	Variable	Dimensional
1	° Brix para semillamiento	Adimensional
2	Temperatura	°C
3	Flujo másico	Kg / S

Fuente: elaboración propia.

3.2. Tipo de estudio y diseño general

El estudio que se realizó, se basó en un modelo técnico-financiero, para desarrollar el nuevo producto (panela granulada), donde se estudió la rentabilidad de la panela granulada para su fabricación como otra alternativa de la fabricación de panela; se determinó que las dos variables importantes para la fabricación del proceso son: la temperatura y los grados Brix óptimos, para la siembra de cristales en la meladura.

En relación con el diseño de tratamientos se trató la filtración de los sólidos en suspensión o cachaza, como también el alcalinado del guarapo; además se efectuaron distintas mediciones de la temperatura y los grados Brix del sistema óptimos, para la fabricación de azúcar granulada.

En el diseño para el control de errores se realizaron varias corridas, donde solo se tomó el promedio de cada dato; de la misma manera se realizará para la medición de los grados Brix.

3.3. Recursos humanos y físicos

Investigador: José Alfredo Ortiz Herincx

Asesor: Ing. Qco. Jorge Emilio Godínez

3.4. Material de escritorio

- Bibliografía escrita y electrónica
- Papelería y útiles de oficina
- Equipo de cómputo con software: Microsoft Office Word 2007, Microsoft Office Excel 2007, Adobe Reader 7.0, Microsoft Office Visio 2007.
- Impresora
- Escáner
- CD's
- Dispositivo de almacenamiento masivo USB
- Fotocopiadora

3.5. Localización

La parte experimental de la investigación se llevará a cabo en el trapiche Las Ilusiones, Latitud $14^{\circ}23'02.13''N$, Longitud $90^{\circ}15'53.99''W$ a 998,929 metros sobre el nivel del mar; ubicado en la aldea El Chupadero del municipio de Nueva Santa Rosa, departamento de Santa Rosa.

3.5.1. Reactivos

- Guarapo obtenido de la caña de azúcar

3.5.2. Equipo

- Trapiche

3.5.3. Cristalería

- *Beakers* tipo *pirex* de 1000 ml
- Hidrómetro
- Termómetro [0-150 °C]

3.6. Técnica cualitativa o cuantitativa

Para dicho caso se utilizarán los métodos cuantitativos ya que se valuarán los grados Brix ideales para poder obtener datos concretos en el proceso de la granulación de la panela y así obtener la formación de los cristales, incluyendo los costos de producción que implicarían.

3.7. Recolección y ordenamiento de la información

- Procedimiento

En el trapiche en mención, a partir del proceso de cristalización de la miel efectuado en la paila final, se elaborará el estudio de cristalización, manipulando las variables de temperatura, monitoreando a través de un termómetro de 150 °C, midiendo también los grados Brix, a través de un brixómetro, para efectuar el semillamiento y posteriormente servirlo en los moldes que también serán modificados; donde se propondrá la utilización de moldes más pequeños, para luego efectuar el picado y obtener el producto finalizado; en este caso, la azúcar granulada. Esta será tamizada a la medida de 1 mm, para luego agregar el sistema de empacado para la venta final.

4. RESULTADOS

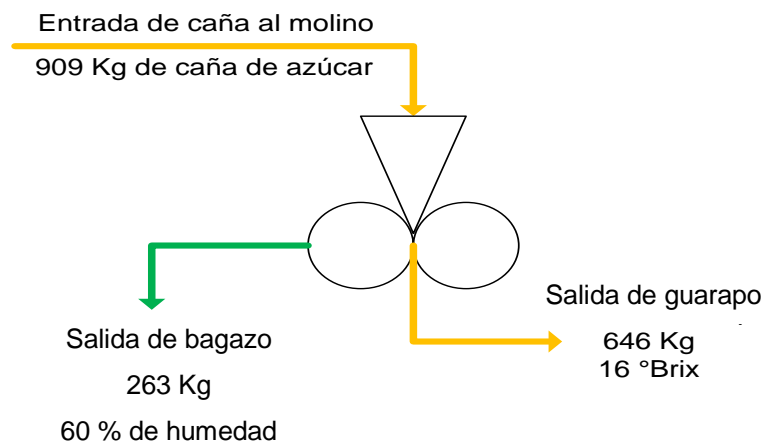
4.1. Balance de masa

En el proceso productivo se considera que entra jugo de caña o guarapo y se produce panela granulada.

A continuación se presenta el balance de masa para la fabricación de panela:

- Molino

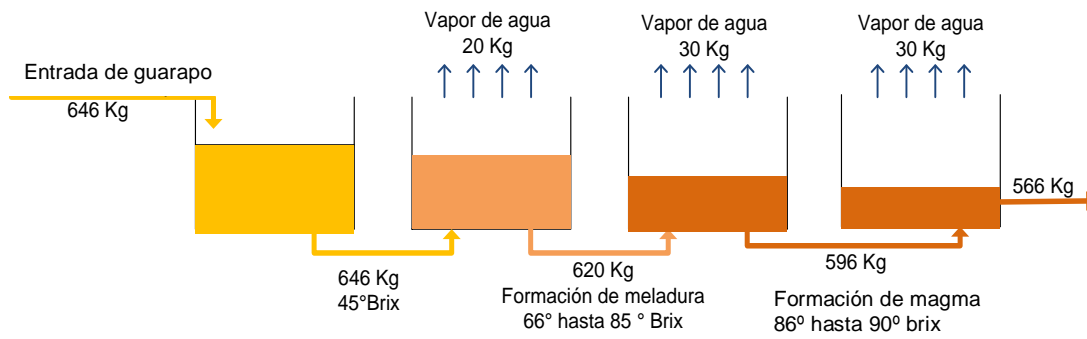
Figura 8. Balance de masa para la fabricación de panela



Fuente: elaboración propia.

- Evaporación

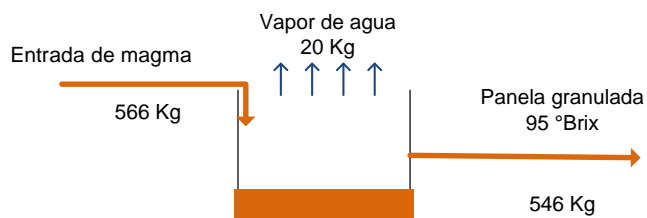
Figura 9. **Evaporación de agua, en el proceso de formación de meladura y magma**



Fuente: elaboración propia.

- Cristalización

Figura 10. **Proceso de cristalización de panela granulada**



Fuente: elaboración propia.

Se expresa:

$$m_{E1} = m_{E2} + m_{E3} + m_{E4} + m_{E5}$$

Donde:

m_{E1} = Entrada de caña (Kg)

m_{E2} = Jugo de caña (Kg)

m_{E3} = Bagazo (Kg)

m_{E4} = Panela (Kg)

m_{E5} = Vapor de agua %

Sustituyendo la ecuación anterior para novecientos nueve kilogramos de caña procesada:

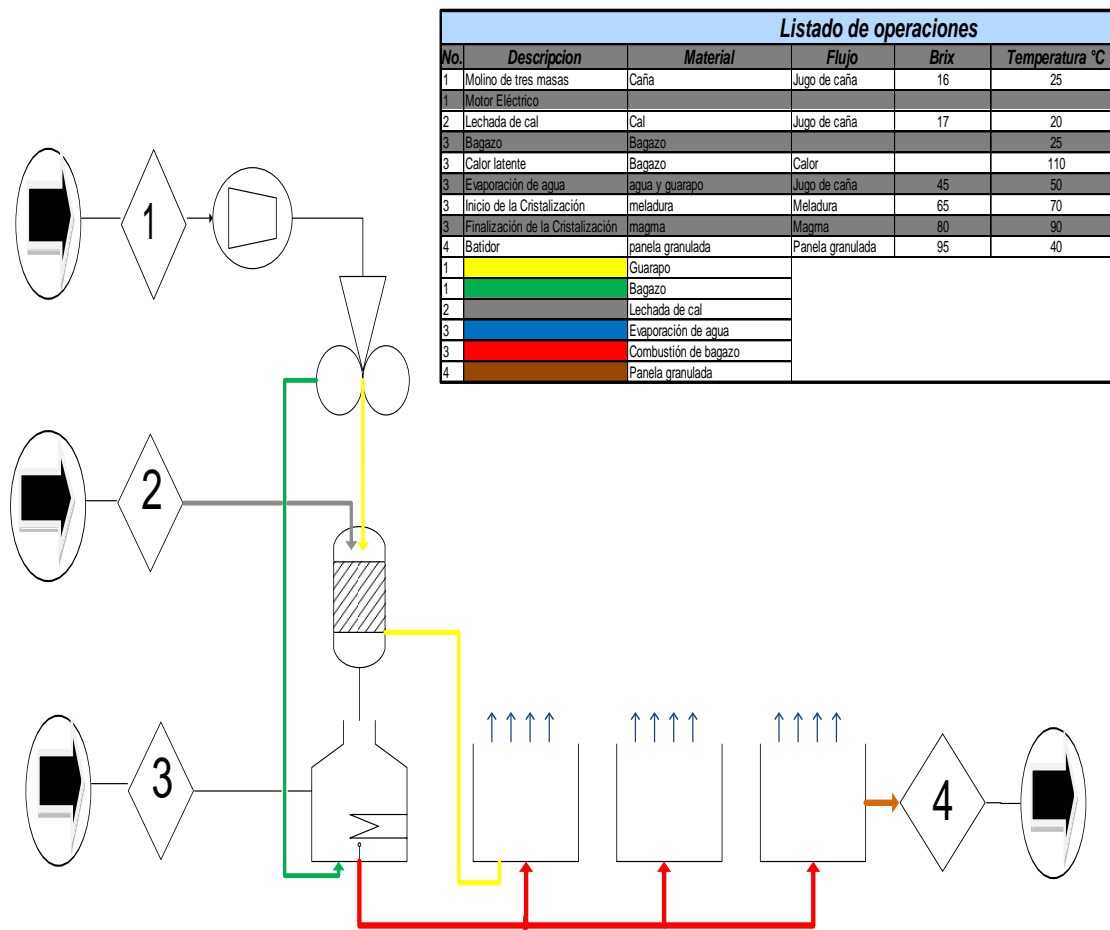
Tabla IV. **Balance de masa**

Simbología	Proceso o etapa	Cantidad Kg
mE1	Inicio del proceso	909
mE2	Jugo de caña	200
mE3	Bagazo	163
mE4	Vapor de Agua	100
mE5	Panela granulada	446

Fuente: elaboración propia.

Se presenta a continuación la diagramación del proceso de panela granulada:

Figura 11. Diagrama del proceso de formación de panela granulada

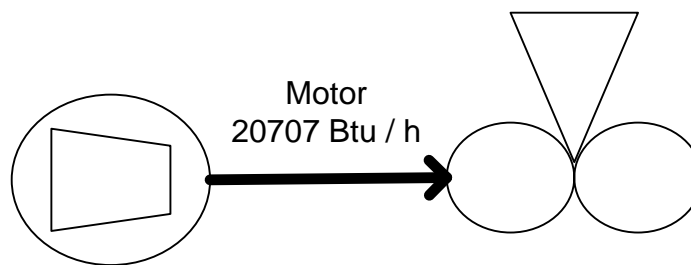


Fuente: elaboración propia.

4.2. Balance de energía

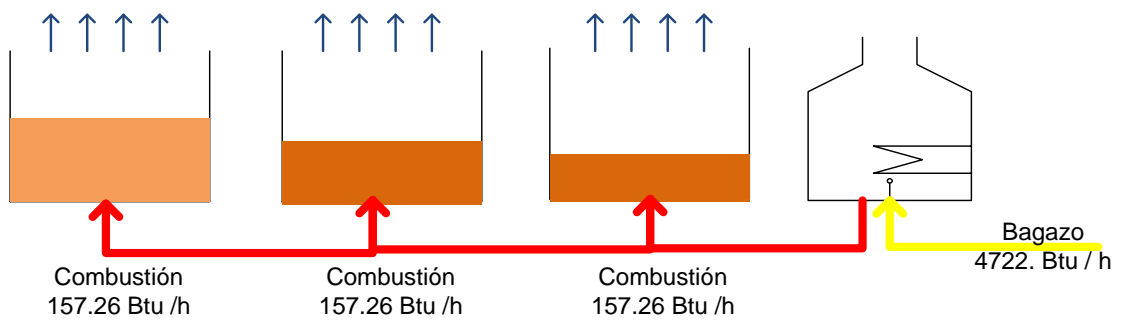
Se efectuó el cálculo de balance de energía para la fabricación de panela iniciando con el motor.

Figura 12. Balance de energía al formarse las cenizas



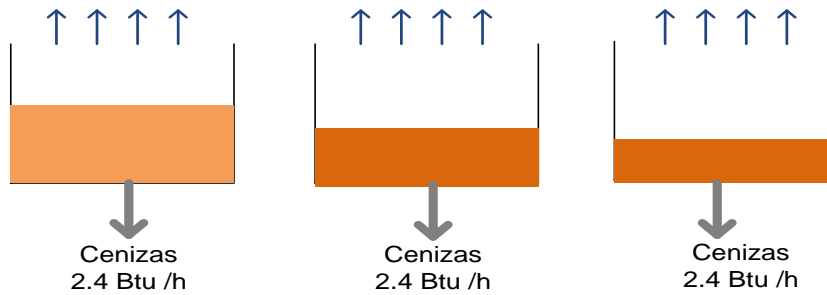
Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Balance de energía al efectuar la transferencia de calor



Fuente: elaboración propia.

Figura 14. **Balance de energía al formarse las cenizas**



Fuente: elaboración propia.

Con la siguiente expresión se calcula:

$$E_1 + E_2 = E_3 + E_4$$

Donde:

E_1 = Potencia de motor Btu / h

E_2 = Capacidad calorífica del bagazo seco

E_3 = Cantidad de cenizas (Lb)

E_4 = Consumo energético requerido para una tonelada de producción de panela

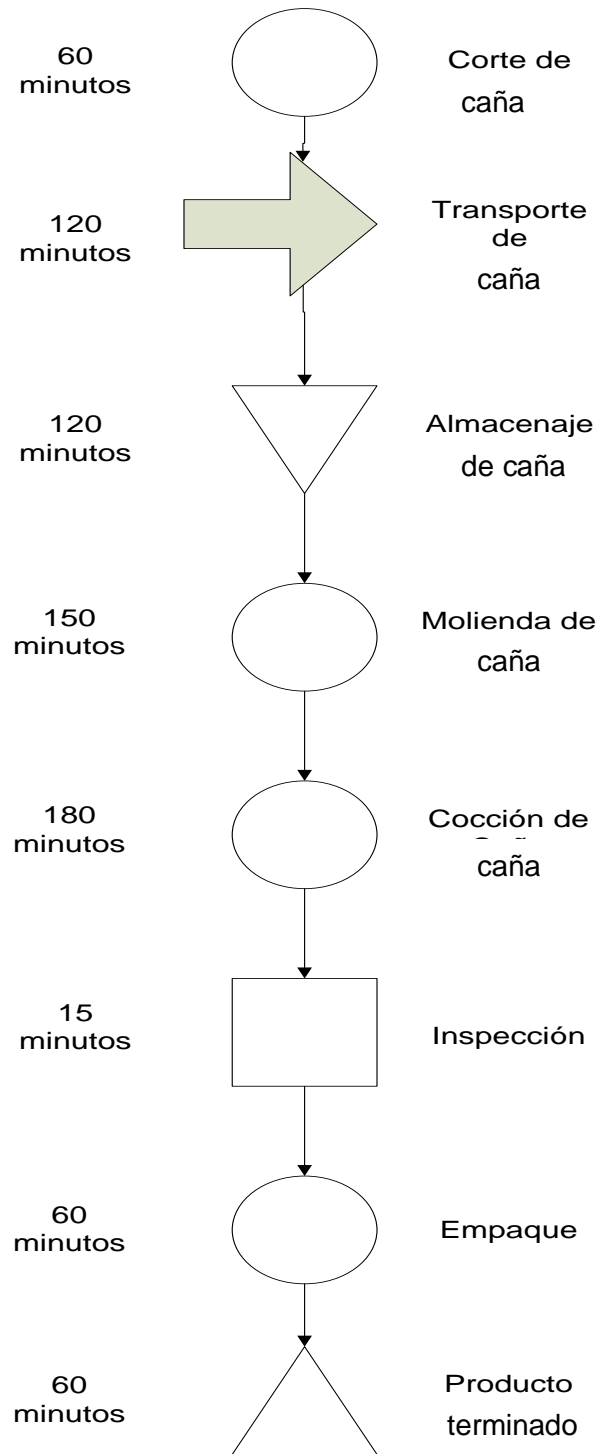
En la tabla que se presenta a continuación se incluyen los valores de las diferentes energías.

Tabla V. **Balance de energía**


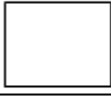
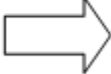

Simbología	Proceso o etapa	Cantidad Kg
E1	Potencia de motor	909
E2	Capacidad calorífica del bagazo seco	200
E3	Cenizas	163
E4	Consumo energético	100
E5	Panela granulada	446

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. Diagrama de flujo del proceso

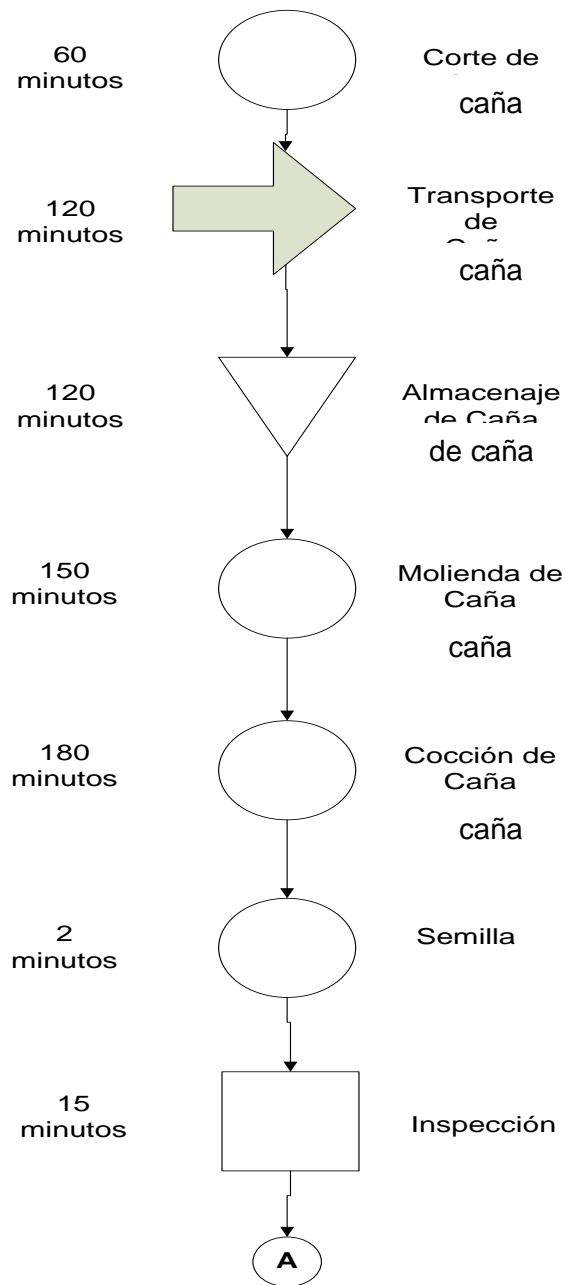


Continuación de la figura 15.

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TOTAL ACTIVIDADES	TIEMPO (min)
	Operación	4	450
	Inspección	1	15
	Transporte	1	120
	Almacenamiento	2	180

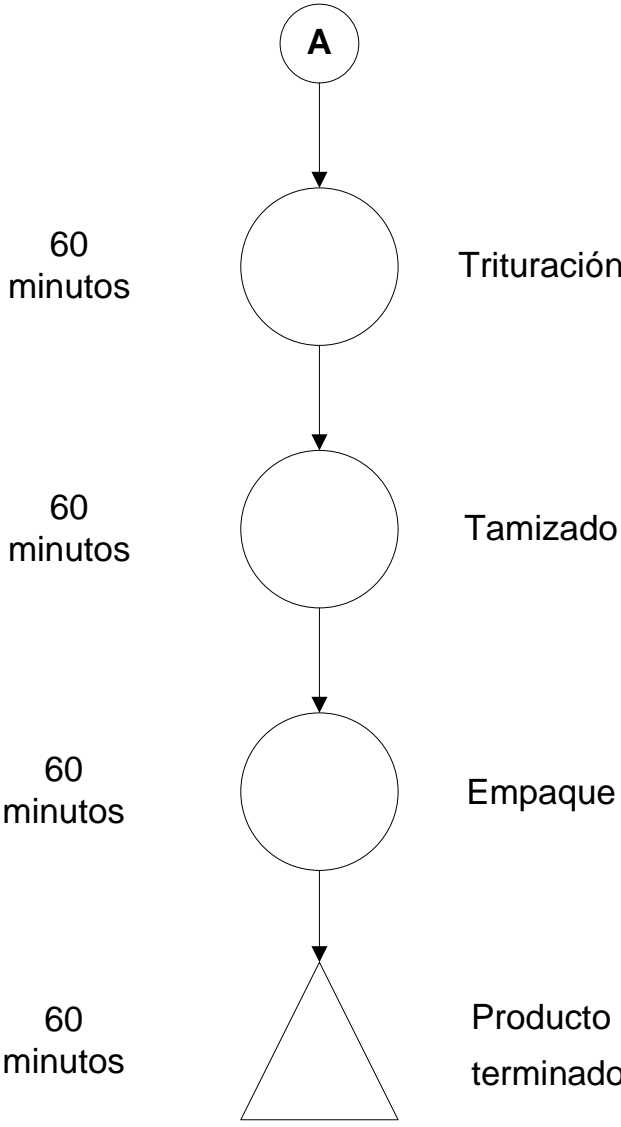
Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Diagrama de flujo del proceso de producción de panela granulada



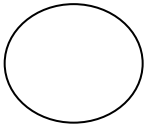
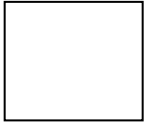
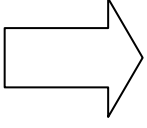
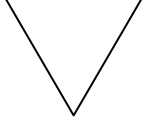
Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Diagrama de flujo del proceso de producción de panela granulada**



Fuente: elaboración propia.

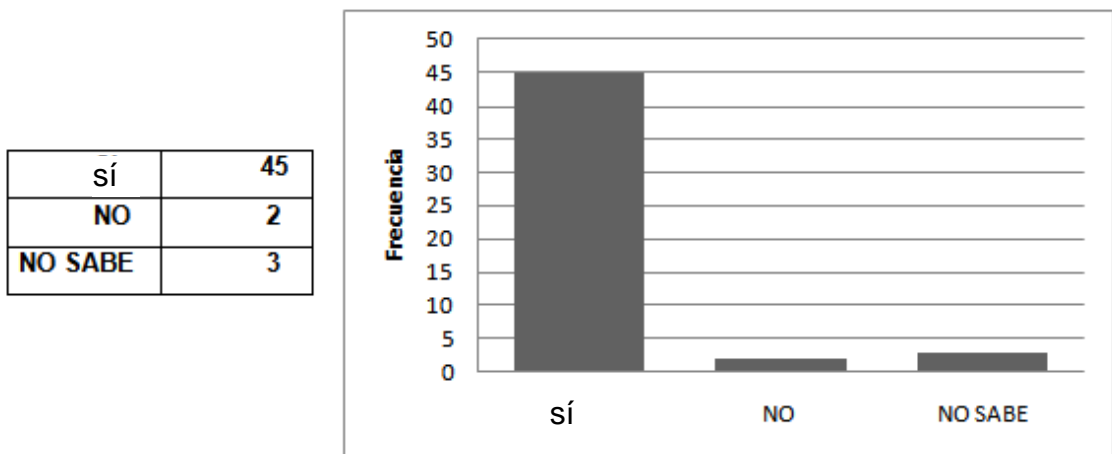
Figura 18. Resumen de las actividades y tiempo del proceso de producción de azúcar granulada

SÍMBOLO	ACTIVIDAD	TOTAL ACTIVIDADES	TIEMPO (min)
	Operación	7	572
	Inspección	1	15
	Transporte	1	120
	Almacenamiento	2	180

Fuente: elaboración propia.

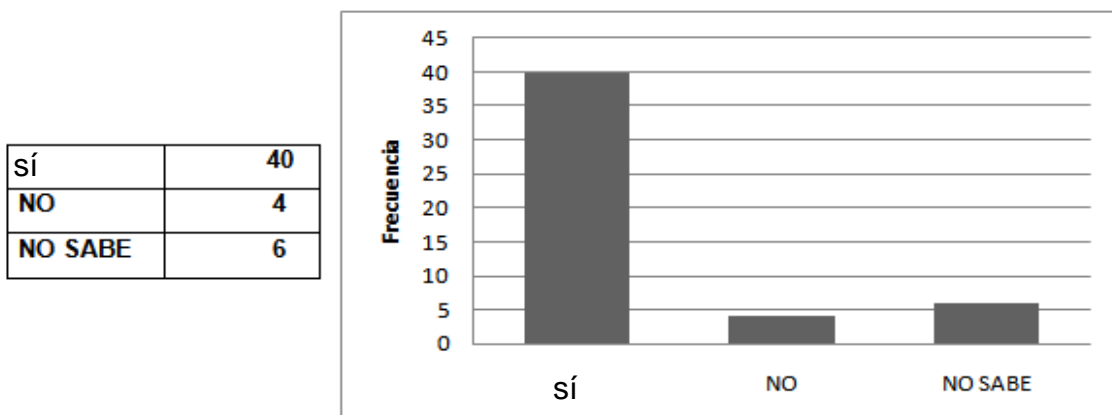
Tabulación de datos evaluación de la factibilidad de la fabricación de azúcar granulada a través de panela/rapadura, obtenidos a través de la aplicación de una encuesta.

Figura 19. **¿Conoce la panela/rapadura?**



Fuente: elaboración propia.

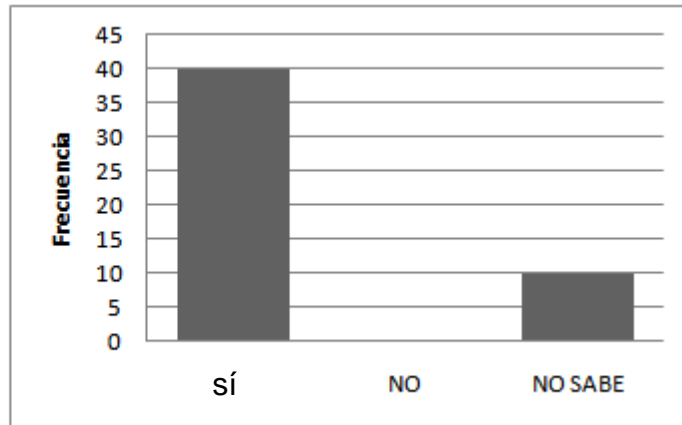
Figura 20. **¿Ha consumido panela/rapadura?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 21. ¿Le es agradable el sabor a panela/rapadura?

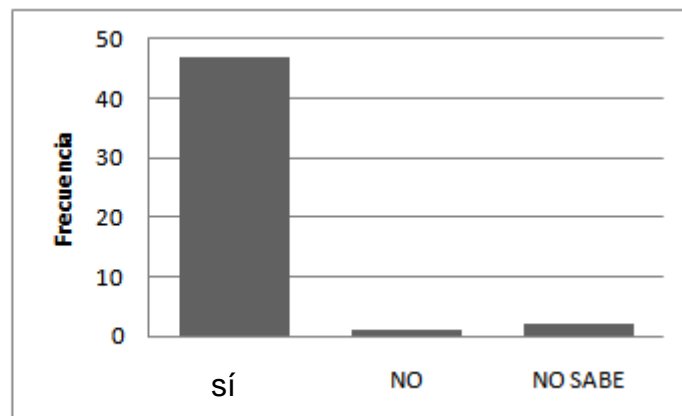
SÍ	40
NO	0
NO SABE	10



Fuente: elaboración propia.

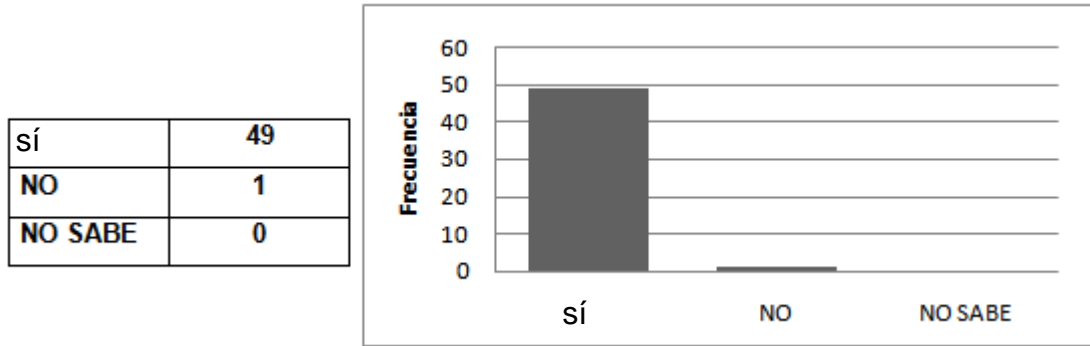
Figura 22. ¿Cree que se podría sustituir el azúcar por panela/rapadura?

SÍ	47
NO	1
NO SABE	2



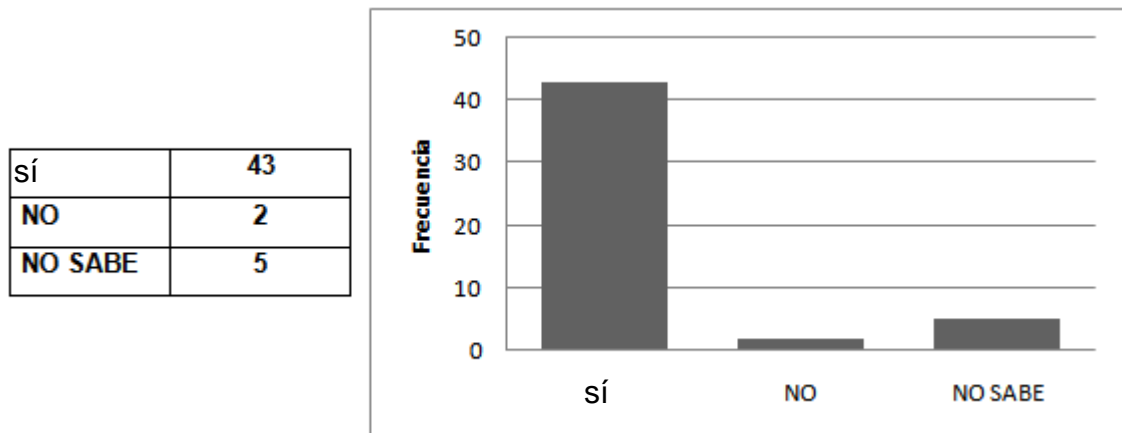
Fuente: elaboración propia.

Figura 23. **¿La utilizaría como sustituto de azúcar si en el mercado lo encontrara en la misma presentación?**



Fuente: elaboración propia.

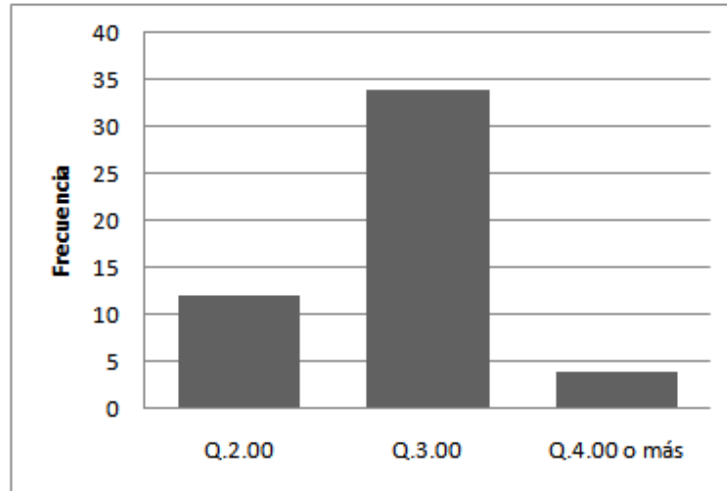
Figura 24. **¿Estaría dispuesto a cambiar el azúcar por panela granulada?**



Fuente: elaboración propia.

Figura 25. **¿Cuánto pagaría por este sustituto del azúcar?**

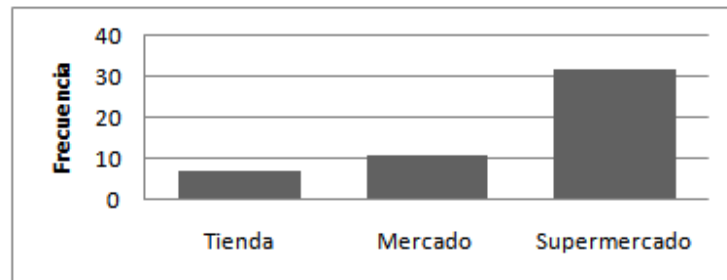
Q.2.00	12
Q.3.00	34
Q.4.00 o más	4



Fuente: elaboración propia.

Figura 26. **¿En qué lugares le gustaría comprar este producto?**

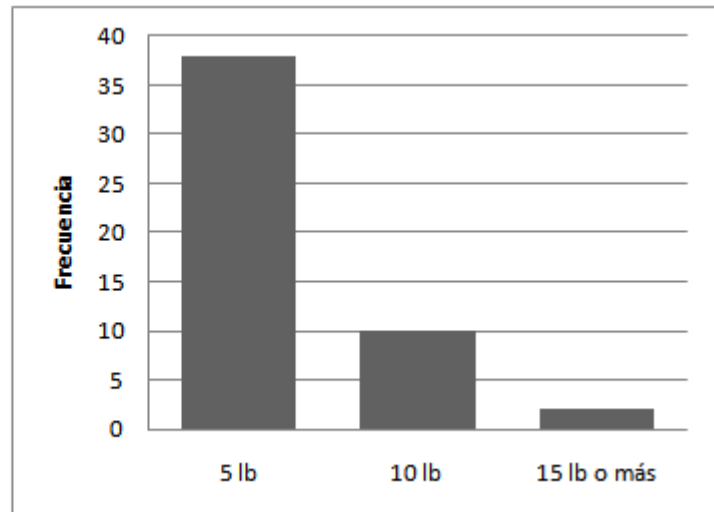
Tienda	7
Mercado	11
Supermercado	32



Fuente: elaboración propia.

Figura 27. **¿Cuántas libras de azúcar consume semanalmente?**

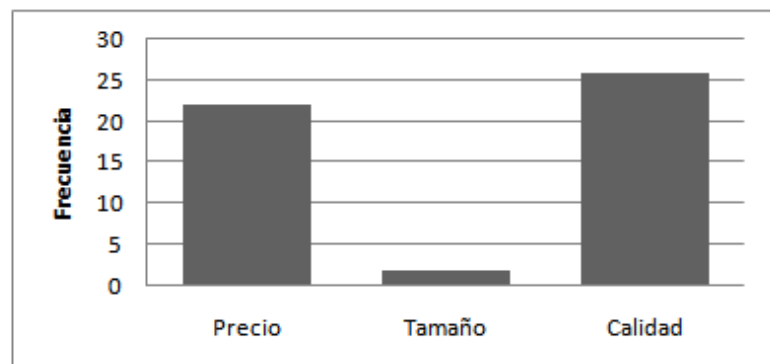
5 lb	38
10 lb	10
15 lb o más	2



Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **¿Qué aspecto calificaría cuando compra el producto?**

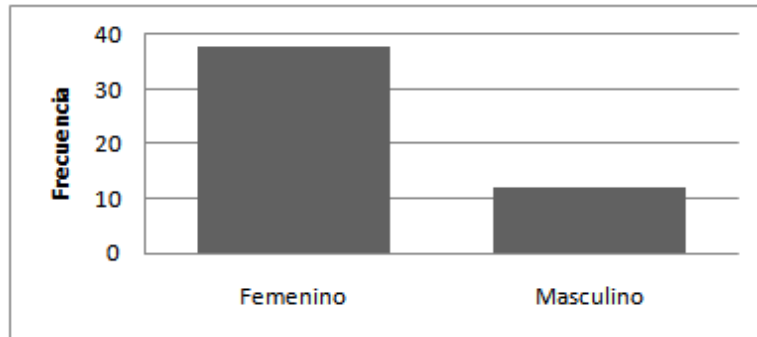
Precio	22
Tamaño	2
Calidad	26



Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Compra de panela granulada según sexo**

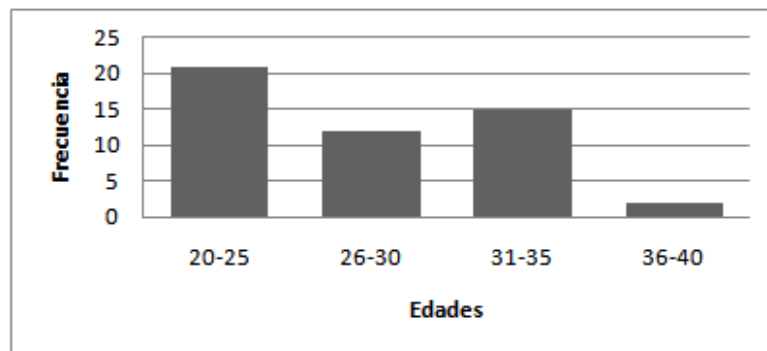
Femenino	38
Masculino	12



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Compra de panela granulada según rango de edades**

20-25	21
26-30	12
31-35	15
36-40	2



Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Costos de mano de obra**

Obreros	Costo promedio por de operario por carga de dulce (Q)	No. de operarios	Costo promedio total de cada operario (Q)
Cortador	50,00	3	150,00
Cargador	50,00	3	150,00
Emburrador	25,00	1	25,00
Moedor	25,00	1	25,00
Bagacero verde	25,00	1	25,00
Bagacero seco	25,00	1	25,00
Sobristante	25,00	1	25,00
Fueguero	25,00	1	25,00
Repartidor	25,00	1	25,00
Chunero	25,00	1	25,00
Envolvedor	25,00	1	25,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Depreciación por línea recta**

Año	Cuota depreciación (Q)	Depreciación acumulada (Q)	Valor neto en libros (Q)
1	900,00	900,00	3 600,00
2	900,00	1 800,00	2 700,00
3	900,00	2 700,00	1 800,00
4	900,00	3 600,00	900,00
5	900,00	4 500,00	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla VIII. **Costo de mano de obra**

	Salario base Q	Regular mes Q
Gerente	5 000	7 091,83
Jefe de planta. Supervisor	2 500	3 545,92
Cortador	150,00	3 600,00
Cargador	150,00	3 600,00
Emburrador	25,00	600,00
Bagacero verde	25,00	600,00
Bagacero seco	25,00	600,00
Sobristante	25,00	600,00
Fueguero	25,00	600,00
Repartidor	25,00	600,00
Chunero	25,00	600,00
Envolvedor	25,00	600,00
Total planilla c/prestaciones		22 637,75

Fuente: elaboración propia.

Tabla IX. **Análisis general de costos**

El Trapiche, S.A.	
Costos de producción para una tonelada	
	Quetzales
Costo de instalaciones complementarias Q	416.67
Vida útil estimada de maquinaria (años)	10.00
Depreciación total del conjunto Q/mes	1.75
Costos de mantenimiento preventivo/mes	41.67
Costo de producción / libra	1.00
Subtotal	471.08
Costo de sacos de maguey Q	5.00

Continuación de la tabla IX.

Costo unitario manufacturado de envasado /libra	2.00
Costo unitario debidamente embasado Q/ 700 lbs.	1,420.00
Subtotal	1,427.00
Materia prima	
Compra de 1 ton. caña Q	200.00
Depreciación del equipo Q	3.13
Reparto	500.00
Gasto de combustible mensual Q	400.00
Costo total x transporte 700 lbs. Q	1,103.13
Sub-total	2,206.25
Mano de obra (prestaciones laborales incluidas)	
Gerente	36.94
Jefe de planta. supervisor	18.47
Cortador	18.75
Cargador	18.75
Emburrador	3.13
Bagacero verde	3.13
Bagacero seco	3.13
Sobristante	3.13
Fueguero	3.13
Repartidor	3.13
Chunero	3.13
Envolvedor	3.13
Subtotal de planillas con prestaciones	117.90
Mercadeo de producto	
Publicidad, imagen y promoción de marca (5% ventas)	3.46
Unitario mercadeo y promoción producto Q/ Lb	0.65
Subtotal	4.11
Valor de la factura mensual electricidad Q	0.29
<i>Outsourcing</i> para la empresa	2.86
Subtotal	3.14

Continuación de la tabla IX.

Gastos de admón., combustible y operación	4.29
Costo total estimado producción Q/ Lb	7.22
Costo total estimado producción c/impuestos Q	8.08
Impuestos obligatorios para el fisco ISR	0.18
Costo producción libre de impuestos Q/Lb	8.08
Subtotal	34.13
Total general de producción para una tonelada	4,260.48
Precio venta estimado	13.00

Fuente: elaboración propia.

Calculando Valor Presente Neto (V.P.N.)

Se procede a calcular la inversión inicial:

Mano de obra	Q 22,638.00
Costos de instalaciones complementarias	Q 5,000.00
Gastos publicidad	Q 2,419.20
Otros	Q 5,000.00
TOTAL	Q 35,057.20

Calculando los costos de salarios, agua luz, teléfono y otros para el primer año; así como el costo para los otros cuatro años con el incremento respectivo del 5 por ciento.

Tabla X. **Costos operativos**

COSTOS OPERATIVOS	ASPECTO	VALOR EN Q.
AÑO 1	Salarios	Q 22 638,00
	Agua-luz-tel	Q 2 200,00
	Otros	Q 5 000,00
	TOTAL	Q 29 838,00

AÑO 2	Salarios	Q 23 769,90
	Agua-luz-tel	Q 2 310,00
	Otros	Q 5 250,00
	TOTAL	Q 31 329,90

AÑO 3	Salarios	Q 24,958.40
	Agua-luz-tel	Q 2,425.50
	Otros	Q 5,512.50
	TOTAL	Q 32,896.40

AÑO 4	Salarios	Q 26 206,31
	Agua-luz-tel	Q 2 546,78
	Otros	Q 5 788,13
	TOTAL	Q 34 541,21

AÑO 5	Salarios	Q 27 516,63
	Agua-luz-tel	Q 2 674,11
	Otros	Q 6 077,53
	TOTAL	Q 36 268,28

Fuente: elaboración propia.

Se proyectan los flujos de ingresos; para ello se necesita saber cuál será la demanda de paquetes del trapiche ya que estos tendrán un incremento en los próximos cuatro años. Por lo tanto se procede a calcular:

La cantidad recibida por cuotas de ventas serán de Q 628 992,00; por lo tanto:

Ingresos mensuales = Q 628 992,00 / 12 meses = Q 52 416 mensuales; si se ganan Q 52 416 mensuales y cada libra vale Q 13,00, entonces:

Libras = Q 52 416 / Q 13,00 = 4 032 Libras mensuales

Sabiendo cuántas libras mensuales se venderán el primer año, entonces se procede a calcular las ganancias para los cuatro años, considerando que:

Costo libra para la empresa mensual el primer año: Q 2,02

Precio de venta por libra mensual el primer año: Q 13,00

No. libras primer año: 628 992.

Se contempla un crecimiento para los cuatro años de un 25 por ciento en el volumen y costo de ventas por paquete de servicio; no así el precio al cliente.

Esto quiere decir que para el segundo año el costo por libra se incrementará; ya no será Q 2,02 y el número de libras mensuales ya no serán de 628 992; también se incrementarán el 25 por ciento. Sin embargo el precio al cliente de Q 13,00.

Calculando esto en una tabla se obtiene:

Tabla XI. **Costos y ventas anuales de producción**

	Ventas de libras 25%	Costo de libras mensual	Precio venta / libra	Costo anual	Ventas anuales
Libras año 1	628 992	Q 2,02	Q 13 00	Q 1 270 563,84	Q 8 176 896,00
Libras año 2	786 240	Q 2,53	Q 13 00	Q 1 985 256,00	Q 10 221 120,00
Libras año 3	982 800	Q 3,16	Q 13 00	Q 3 101 962,50	Q 12 776 400,00
Libras año 4	1 228 500	Q 3,95	Q 13 00	Q 4 846 816,41	Q 15 970 500,00
Libras año 5	1 535 625	Q 4,93	Q 13 00	Q 7 573 150,63	Q 19 963 125,00

Fuente: elaboración propia.

Se coloca toda la información en una sola tabla para que permita observar el flujo de efectivo.

Tabla XII. **Flujo de efectivo para cinco años**

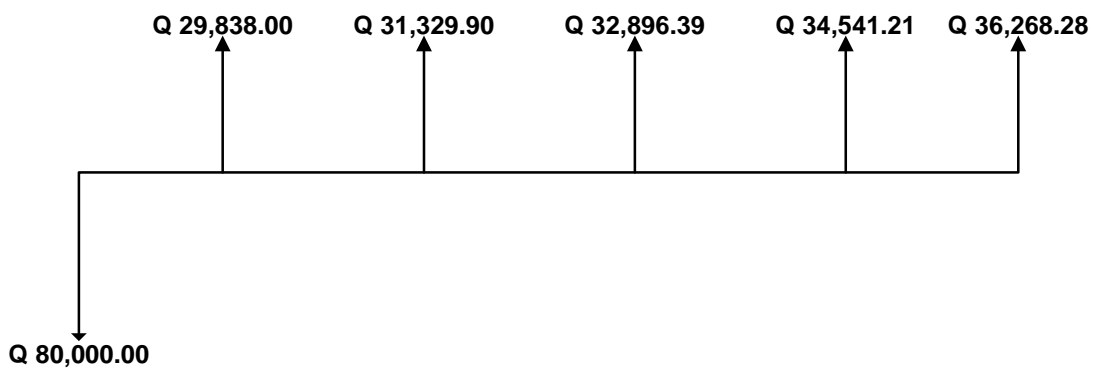
RESUMEN		AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
INVERSIÓN INICIAL	80,000					
MO-SERVICIOS-OTROS		Q29 838,00	Q31 329,90	Q32 896,40	Q34 541,21	Q36 268,28
COSTO VENTAS		Q8 176 896,00	Q10 221 120,00	Q12 776 400,00	Q15 970 500,00	Q19 963 125,00
TOTAL EGRESOS (MO-SERV-OTROS) - COSTOVENTAS		Q8 206 734,00	Q10 252 449,90	Q12 809 296,40	Q16 005 041,21	Q19 999 393,28
INGRESO VENTAS		Q8 176 896,00	Q10 221 120,00	Q12 776 400,00	Q15 970 500,00	Q19 963 125,00

Continuación de la tabla XII.

FLUJO DE EFECTIVO ANUAL (INGRESOS-EGRESOS)		Q29 838,00	Q31 329,90	Q32 896,39	Q34 541,21	Q36 268,28
--	--	------------	------------	------------	------------	------------

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Diagrama de flujo ya simplificado sobre costos**



Fuente: elaboración propia.

Con el flujo de efectivo se procede a calcular el VPN para la tasa que desea como mínimo del 20 por ciento.

Sabiendo que $P = F / (1+i)^n$

$$VAN = -80,000 + 29,838 / (1.20)^1 + 31,329.90 / (1.20)^2 + 332,896.39 / (1.20)^3 + 34,541.21 / (1.20)^4 + 36,268.21 / (1.20)^5$$

Tabla XIV. **Valor Presente Neto**

INV INICIAL	Q (80,000.00)
AÑO1	Q 29,838.00
AÑO2	Q 31,329.90
AÑO3	Q 32,896.39
AÑO4	Q 34,541.21
AÑO5	Q 36,268.28
VPN NETO	Q 23,966.50

Fuente: elaboración propia.

Con base en el análisis del valor presente neto, la opción es rentable.

Se procedió a calcular la tasa interna de retorno (T.I.R.) del proyecto. Para ello se sabe que la TIR es el valor de la tasa i que hace que el VPN sea 0. Por lo tanto, del flujo de efectivo, se prueba con tasas que aproximen el VAN a un valor positivo y un valor negativo cercano a cero. Para interpolar la TIR así:

$$VAN = -80,000 + \frac{29,838.00}{(1+i)^1} + \frac{31,329.90}{(1+i)^2} + \frac{32,896.39}{(1+i)^3} + \frac{34,541.21}{(1+i)^4} + \frac{36,268.28}{(1+i)^5}$$

En ese flujo se inició una tasa $i = 0.22$ se obtiene $VPN = Q 23,966.50$ Y una tasa $i = 0.25$ obtiene un $VPN = -84.11$

Por lo tanto se interpola:

Interpolación

TASA I	VPN
0.22	23,966.50
X	0
0.25	-84.11

$(x-0.25) / (0.22-0.25) = (0-[-84.11]) / (1640.95 - [-84.11])$ despejando x
para encontrar la TIR

X= 0.24953 por lo tanto la TIR vale:

TIR = 24.95 %

Como la TIR es mayor que la tasa del 20% que se impone como la mínima deseada, el proyecto es bueno.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación, se evaluó la factibilidad técnica-económica para la fabricación de panela granulada a partir del guarapo de caña en un trapiche tradicional en el municipio de Nueva Santa Rosa, dándole enfoque a otro subproducto derivado de la caña de azúcar.

Para saber la cantidad de materia procesada y la demanda energética para la fabricación de panela, se realizó un balance de masa y energía de la producción de panela actual, en un trapiche del municipio de Nueva Santa Rosa.

No existía un diagrama de flujo del sistema para la producción de panela, para efectuar mejoras en dicho estudio se realizó un diagrama de flujo del sistema de producción actual para ver las condiciones y los puntos de mejoras que se efectuaron en el proceso; de igual forma se efectuó un diagrama de flujo para el sistema de la producción de panela granulada donde se coloca el cambio del inicio de semillamiento, trituración, tamizado y envasado.

Para la fabricación de azúcar granulada a través del trapiche, se realizó nuevamente un balance de masa.

Se elaboró un diagrama de flujo para la producción de panela granulada a través de guarapo, para poder identificar los nuevos pasos implementados al proceso de fabricación de panela granulada y así poder tener un mejor control de dicho proceso.

Para la realización del nuevo producto se efectuó un análisis de aceptación del mismo a través de encuestas, donde se observó que el producto sí es aceptado por el público.

Cuando se realizó el estudio del valor presente neto (V.P.N.) y de tasa interna de retorno (T.I.R.) para la implementación de la producción de azúcar granulada en un trapiche artesanal, fue positivo, ya que las ganancias según los estudios se reflejan en un 24 % su rentabilidad.

CONCLUSIONES

1. Se realizó el balance de masa y energía de la producción actual del trapiche donde se observó que hay pérdida de guarapo y que la demanda energética es requerida grandemente para la elaboración del producto.
2. Al efectuar el diagrama de flujo se observó que hay operaciones que se pueden sustituir por métodos mecánicos y así hacer más eficiente el proceso de fabricación de panela.
3. Para la fabricación de azúcar granulada a través del trapiche, la demanda energética y el balance de masa es el mismo utilizado para la fabricación de panela.
4. En el diagrama de flujo realizado para la elaboración de panela granulada se adjunta el semillamiento, trituración y manufacturación para la venta del azúcar.
5. Cuando se efectuó el análisis de aceptación del producto se llegó a determinar que sí podría ser sustituido por el azúcar tradicional del mercado.
6. Cuando se realizó el estudio del valor presente neto (V.P.N.) y de tasa interna de retorno (T.I.R.) para la implementación de la producción de azúcar granulada en un trapiche artesanal, fue aceptable, ya que el proceso es económico y rentable para el proceso de venta.

RECOMENDACIONES

1. Colocar una picadora antes de entrar al molino para la extracción de jugo, con el fin de obtener mayor cantidad de guarapo de caña.
2. Ajustar las masas recibidora, mayal y repasadora, para obtener mejor extracción del guarapo.
3. Ajustar el pH a 7, cuando el sistema se encuentre en un rango de 70 a 80 grados Celsius, para clasificar más el color del producto.
4. Elaborar filtros para la limpieza del guarapo.
5. Realizar tanques circulares de decantación para la mejor limpieza del guarapo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALMENGOR CHOY, David Humberto. *Mejoramiento tecnológico de la producción de panela en pequeños trapiches del departamento de Huehuetenango*. Guatemala: USAC, INCAP/OPS, 1998. 150 p.
2. ARIAS, R., et al., Tartanac, F. *Nueva técnica de producción de panela granulada. Informe de proyecto. Redar Guatemala, CUNSUR - USAC, INCAP/OPS, IICA-PRODAR*. Guatemala: Editorial Central, 2001. 225 p.
3. Centro Guatemalteco de Investigaciones y de la capacitación de la caña de Azúcar. *Memoria presentación de resultados de investigación zafra 2007 – 2008*, Guatemala: CENGICAÑA, 2008. 280 p.
4. CHEN, James C.P. *Manual del azúcar de caña*. México: Limusa, 1999. 175 p.
5. LABARTHE F, Humberto; REICHE C., Carlos. *Consumo de leña y otros combustibles en los trapiches de San Ramón Costa Rica*, Costa Rica: Lambert, 1996. 175 p.
6. MEJÍA RODAS, Flor de María. *Contenido de sacarosa y de azúcares reductores en variedades de caña aptas para elaborar panela*. Escuintla: Editorial Rember, 1996. 125 p.

7. PEREZ COJ, José. *Evaluación de la técnica de semillamiento en la cristalización de la sacarosa de las mieles utilizadas para la elaboración de panela. Escuintla: s.e., 1999. 130 p.*

8. PINEDO NIETO, Ángel Eduardo. *Industrialización de la caña de azúcar para la elaboración de panela en el municipio de Jutiapa. Guatemala: Imcsa, s.a. 125 p.*

APÉNDICES

Apéndice 1. Delimitación del problema



Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Caña soca**



Fuente: cañales de la finca Las Ilusiones.

Figura 32. **Transporte de caña**



Fuente: cañales de la finca Las Ilusiones.

Figura 33. **Panela granulada**



Fuente: trapiche Las Ilusiones.



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ESTUDIO TÉCNICO

**EVALUACIÓN DE LA FACTIBILIDAD DE LA FABRICACIÓN DE AZÚCAR
GRANULADA A TRAVÉS DE PANELA/RAPADURA**

INSTRUCCIONES: Marque con una X la respuesta según su criterio a las siguientes preguntas.

- ¿Conoce la panela/rapadura?
 SÍ NO NO SABE
 - ¿Ha consumido panela/rapadura?
 SÍ NO NO SABE
 - ¿Le es agradable el sabor a panela/rapadura?
 SÍ NO NO SABE
 - Cree que se podría sustituir el azúcar por panela/rapadura.
 SÍ NO NO SABE
 - ¿Lo utilizaría como sustituto de azúcar si en el mercado lo encontrara en la misma presentación?
 SÍ NO NO SABE
 - ¿Estaría dispuesto a cambiar el azúcar por panela granulada?
 SÍ NO NO SABE
 - ¿Cuánto pagaría por este sustituto del azúcar?
 Q.2.00 Q. 3.00
 Q.4.00 o más
 - ¿En qué lugares le gustaría comprar este producto?
 Tienda Mercado Cantonal
 Supermercado
 - ¿Cuántas libras de azúcar consume semanalmente?
 5 lb 10 lb
 15 lb o más
 - ¿Qué aspecto calificaría cuando compra el producto?
 PRECIO TAMAÑO
 CALIDAD
- Sexo: F M
- Edad:

GRACIAS POR COLABORAR