

Kelvin Valentin Pérez Corado

PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN,  
PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO  
PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Asesor General Metodológico  
Ingeniero Agrónomo. Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

## Informe Final de Graduación

# PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN, PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Kelvin Valentin Pérez Corado

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe Final de Graduación

PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN,  
PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO  
PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ing. Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Este documento es presentado por el autor, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó la Propuesta de Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con los colaboradores, gerente de producción, supervisores y técnicos de producción del Ingenio Pantaleón.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación, el servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que necesiten la información de este tema, brindar solución a alguna entidad productiva con situaciones similares, promover el cumplimiento del plan basado en los conocimientos de Ingeniería Industrial, que se adquirieron en las clases universitarias de esta manera se pretende que la investigación sea de uso único para situaciones similares.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados los cuales son: Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora, se dispone de Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla y se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado.

El propósito fundamental del trabajo de investigación es lograr aumentar la producción de azúcar a través de la Mejora Continua y eficientizar los procesos de preparación, extracción y elaboración de azúcar, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado para alcanzar los objetivos propuesto.

## **Presentación**

Este trabajo de graduación a nivel de licenciatura se presenta con el título “Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla”, este hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de los deficientes procesos en preparación, extracción y elaboración de azúcar en inversión de sacarosa dentro del Ingenio.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, como consecuencia principal los deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, como medio para solucionar la problemática se propuso establecer un plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, que contribuya a incrementar la producción de azúcar

La función de la implementación de la propuesta para la producción de azúcar y mejora en los procesos son las directrices que tiene que cumplir el plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, lo cual se basa en reportes del departamento de ventas, producción y mantenimiento e informes estadísticos de la unidad ejecutora, con el único fin de aumentar la producción de azúcar y mejorar los procesos, en el menor tiempo posible, de esta manera se evitará que el problema sea cada vez más severo.

La actividad investigativa que se realizó, sirve como aporte para lograr aumentar la producción de azúcar lo que afecta al ingenio, de igual manera, se presenta el fortalecimiento para la unidad ejecutora que en este caso corresponde a la Gerencia general, ayudará con la materialización y evolución de la propuesta en general y un programa de capacitación para los colaboradores.

## Índice General

No.	Contenido	Página
	Prólogo.....	
	Presentación.....	
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
I.1.	Planteamiento del problema.....	2
I.2.	Hipótesis.....	3
I.3.	Objetivos.....	3
I.3.1.	General.....	3
I.3.2.	Específico.....	3
I.4.	Justificación.....	4
I.5.	Metodología.....	5
I.5.1.	Métodos.....	5
I.5.2.	Técnicas.....	6
II.	MARCO TEÓRICO.....	9
II.1.	Bajo rendimiento.....	9
II.2.	Producción.....	15
II.3.	Producción de Azúcar en Guatemala.....	24
II.4.	Caña de azúcar.....	28
II.5.	Procesos de fabricación del azúcar de caña.....	35
II.6.	Procesos de clarificación.....	45
II.7.	Pérdidas de sacarosa en el proceso de fabricación y refinación del azúcar.....	52
II.8.	Métodos para determinar pérdidas por inversión de sacarosa.....	57
II.9.	Plan de mejora continua.....	60
II.10.	Eficiencia.....	65
II.11.	Seguridad Industrial.....	69
II.12.	Normativa legal.....	75

III.	COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	78
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	89
IV.1.	Conclusiones.....	90
IV.2.	Recomendaciones.....	91
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

## Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
1.	Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	79
2.	Tiempo de existir bajo rendimiento de azúcar en la producción del ingenio Pantaleón.....	80
3.	Bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón.....	81
4.	Bajo rendimiento de azúcar se debe a procesos inadecuados en la producción.....	82
5.	Bajo rendimiento de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa.....	83
6.	Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	84
7.	Necesidad de implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio .....	85
8.	Apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.....	86
9.	Capacitación a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	87
10.	Los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.....	88

## Índice de gráficas

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.	Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	79
2.	Tiempo de existir bajo rendimiento de azúcar en la producción del ingenio Pantaleón.....	80
3.	Bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón.....	81
4.	Bajo rendimiento de azúcar se debe a procesos inadecuados en la producción.....	82
5.	Bajo rendimiento de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa.....	83
6.	Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	84
7.	Necesidad de implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio .....	85
8.	Apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.....	86
9.	Capacitación a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.....	87
10.	Los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.....	88

## Índice de figuras

<b>No.</b>	<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
1.	Tachos para la cristalización.....	13
2.	Molino en fábrica de ingenio.....	22
3.	Expogranel.....	28
4.	Cosecha de caña de azúcar.....	32
5.	Proceso de fabricación de azúcar.....	36
6.	Obtención de jugos de caña.....	46
7.	Transformación de caña de azúcar con doble línea de extracción.....	53
8.	Diagrama de flujo de las pruebas.....	59
9.	Ciclo de mejora continua.....	64
10.	Exigencias en la calidad de la materia prima.....	66

## **I. INTRODUCCIÓN**

El presente estudio se elaboró como uno de los requisitos establecidos por la Universidad Rural de Guatemala, previo a obtener el título universitario de Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, que es llevar a cabo una investigación, por lo tanto, se optó el estudio de “Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla”.

El documento está desarrollado por dos tomos los cuales, se forman por capítulos que se detallan a continuación; Tomo uno se divide en: cuatro capítulos que se identifican con números romanos; capítulo uno (I) contiene la introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivos general y específico, justificación, metodología métodos y técnicas; capítulo dos (II) está conformado por el marco teórico.

El capítulo tres (III) incluye la comprobación de la hipótesis, donde se muestra la tabulación y descripción gráfica de los datos obtenidos en las encuestas.

El capítulo cuatro (IV) está conformado por las conclusiones y recomendaciones. Estos capítulos son seguidos del apéndice bibliográfico.

Los anexos son: Modelo de investigación y proyectos dominó, árbol de problemas e hipótesis y árbol de objetivos, diagrama del medio de solución de la problemática, boleta de investigación efecto, boleta de investigación causa, cálculo de la muestra, cálculo del coeficiente de correlación, cálculo de la proyección lineal con y sin proyecto.

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, asimismo, el anexo de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo.

## **I.1. Planteamiento del problema**

La investigación realizada permite describir de la siguiente manera que la problemática encontrada en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, es originada y formada por el efecto o variable dependiente, el problema central y la causa principal o variable independiente.

El efecto se identifica como el bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por el corte inadecuado en la caña la pérdida de tiempo en el transporte y el aumento de la acción microbiana de parte de la caña de azúcar y la relación con el equipo industrial de producción de azúcar del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

El problema central de esta investigación está centrado en los deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, este problema se identificó al momento de visitar el ingenio, en especial el área de preparación, extracción y elaboración de azúcar de dicho lugar los afectados ante esta problemática de manera directa son los colaboradores por lo tanto, se menciona que se debe de mantener el quipo mecánico en óptima condición y evitar los paros no programados para evitar pérdidas en la producción, por lo mencionado se describe la siguiente causa.

Inexistencia de plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. esto ha generado pérdidas económicas para el ingenio desde las pérdidas que se generan en los terrenos que se corta la caña, la filtración y clarificación del jugo y en el proceso final de la elaboración de azúcar, esto ha desencadenado muchos factores, como la disminución de la producción de toneladas de azúcar de dicho ingenio, por lo que al aplicar la propuesta del Plan de Mejora Continua, sería la idea más sensata para poder solucionar la problemática del problema planteado en la investigación realizada.

## **I.2. Hipótesis**

La hipótesis se realizó al analizar el árbol de problemas, la cual se construyó a partir del efecto, más el problema y la causa para la hipótesis casual, A diferencia de la hipótesis interrogativa que se creó de la causa, más problema y por último el efecto, dicha investigación se realizó en las instalaciones del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **Hipótesis causal**

“El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos”.

### **Hipótesis interrogativa**

¿Es la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos, por deficiente proceso de extracción, preparación y elaboración de azúcar, la causante del bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, ¿en los últimos cinco años?

## **I.3. Objetivos**

Con la finalidad de poder darle una solución a la problemática estudiada y contribuir a la solución de los problemas encontrados, se trazaron objetivos. Los aspectos negativos del árbol de problemas se convirtieron en propósitos y fines.

### **I.3.1. Objetivo general**

Lograr aumentar el rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **I.3.2. Objetivo específico**

Eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

#### **I.4. Justificación**

En el trabajo de investigación se hace notar que desde el año 2017, que el bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, refleja la necesidad de implementar un plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar.

De acuerdo con los datos de los últimos cinco años, se puede deducir que el bajo rendimiento en producción de azúcar se ha incrementado y los datos obtenidos del año 2021 describen que se obtendrá un rendimiento más bajo el cual equivale a 2,800 toneladas de azúcar por lo tanto se empeora la situación.

Según la gráfica comparativa sin propuesta nos indica que si la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, no se implementa para el año 2022, se genera un bajo rendimiento más grave en la producción de azúcar en 2405 toneladas de esta manera se hace la comparación del año 2021 y se obtiene 395 toneladas menos y que para el año 2026 se obtendrá una producción de 1305 toneladas de azúcar.

Por medio del cálculo de la proyección realizada se determinó que, si la propuesta se aplica al segundo año, de implementado el Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se aumenta la producción de azúcar en un 75%, lo que equivale a 4209, toneladas para el año 2022 por lo que será de beneficio para la empresa y se logra eficientizar los procesos de producción.

De esta manera si la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla se implementa para el año 2026 se obtendrá un aumento en la producción de 5347 toneladas de azúcar significativa se justifica la propuesta planteada en la investigación y se lograría el 100% de solución a la problemática encontrada.

## **I.5. Metodología**

La metodología es una pieza esencial de toda investigación (método científico) que sigue a la propedéutica ya que permite sistematizar los procedimientos y técnicas que se requieren para concretar el desafío.

### **I.5.1. Métodos**

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma.

#### **I.5.1.1. Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis**

##### Método Deductivo

Para la información de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales sobre bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, por medio de distintas técnicas las cuales serán descritas, posteriormente se procedió a la formulación de la hipótesis planteada en la investigación realizada.

##### Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica

Este permitió identificar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de establecer el área de trabajo y el tiempo estipulado para desarrollar la investigación, además la diagramación de la hipótesis se encuentra en los anexos “1 y 2 del presente documento.

El método del marco lógico permitió encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; y nos ayudó a establecer la denominación del trabajo en cuestión.

#### **I.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, Estadístico y Síntesis.

### Método Inductivo

Con este método se obtuvieron resultados específicos, particulares de la problemática identificada; esto permitió diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

### Método de Síntesis

Cuando se interpretó la información, se utilizó el método de síntesis, para obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió, además, para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo realizada.

### Método Estadístico

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis. Estos métodos consisten en interpretar los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tienen como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

## **I.5.2. Técnicas**

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así: Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos) La lluvia de ideas la observación directa, la investigación documental, así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática

### **I.5.2.1. Técnicas que se utilizaron para la formulación de hipótesis**

las técnicas empleadas en la formulación de la hipótesis fueron: son las herramientas que se detallan a continuación:

Lluvia de Ideas: Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática por parte de los Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción del Ingenio Pantaleón Siquinalá, Escuintla.

Observación Directa: Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba desde el área de campo hasta el área de producción de Azúcar del Ingenio Pantaleón Siquinalá, Escuintla.

Investigación Documental: Se utilizó para no duplicar documentos, así mismo para obtener aportes y puntos de vista de otros investigadores sobre la problemática, para fundamentar el marco teórico.

Entrevista: Realizada para obtener datos sobre la hipótesis, se entrevistó a los 25 colaboradores del departamento de producción y a los Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción, siete personas en total con el objetivo de que busquen posibles soluciones a la problemática que se posee.

#### **I.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis**

Para la comprobación de la hipótesis se aplicaron las siguientes herramientas:

Censo:

Las poblaciones que se utilizaron son menores a 35 personas, ya que se elaboró un censo, para la comprobación del efecto que fue dirigido a 25 colaboradores del departamento de producción del Ingenio, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

También se trabajó la técnica del censo, en la variable causa con el 100% de nivel de confianza y 0% de error, se realizó a Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción, siete personas en total.

Cuestionario: Se realizó para investigar el efecto (Variable dependiente “Y”) y la causa (Variable independiente “X”), se distribuyó el mismo a la muestra para posteriormente ser tabulados.

Encuesta: Se elaboraron dos boletas de encuesta, para comprobar la variable dependiente a los 25 colaboradores del área de producción “Y” o (Efecto) e independiente al Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción 7 personas en total para “X” (Causa) de la hipótesis.

Cálculo de la muestra: Es una representación de la población en general, con características y atributos similares, se utiliza si la población es mayor de 35 elementos, en este caso no se utilizó porque la población es menor por lo tanto se realizó censo para la población del efecto como para la población de la causa.

Coefficiente de correlación: es un indicador estadístico que nos indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables, las cuales se utilizaron los datos de los últimos cinco años del bajo rendimiento en producción de azúcar por inversión de sacarosa en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla con los parámetros establecidos de  $\geq \pm 0.80$  y  $\leq \pm 1$ ; de esta manera se obtuvo el resultado de  $r = 0.95$ , lo que indica que se relacionan entre sí y se comprueba el efecto al desarrollar el cálculo correspondiente.

Ecuación de línea recta: Se utilizó para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, y conforme a los datos utilizados para calcular el coeficiente de la correlación se realizó el planteamiento matemático estadístico con los datos de los últimos cinco años, para inferir una proyección que indique el cálculo de los próximos cinco años que puede causar un impacto negativo o positivo para el ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los próximos cinco años.

## **II. MARCO TEÓRICO**

En el marco teórico se va a desarrollar la teoría que va a dar el fundamento a nuestra investigación, en su elaboración se hizo necesario elaborar una recopilación de datos e información documental. Está integrado por aspectos que incluyen toda la teoría que se ha descrito anteriormente sobre el tema en sí.

Dentro de los principales temas se tiene:

Bajo rendimiento; Producción; Producción de azúcar en Guatemala; Caña de azúcar; Procesos de fabricación del azúcar de caña; Procesos de clarificación; Perdidas de sacarosa en el proceso de fabricación y refinación del azúcar; Métodos para determinar pérdidas por inversión de sacarosa; Plan; Eficiencia; Seguridad industrial; Normativa legal.

### **II.1. Bajo rendimiento**

Descripción de la maquinaria

Se describe el funcionamiento del equipo utilizado en el proceso, así como los requerimientos mínimos del material (jugo claro, masas, miel final, entre otras.) que se procesa en cada uno de los equipos necesarios en la fabricación del azúcar blanca y morena.

#### **1. Molinos**

Según Fuentes, (2006) “en el ingenio se cuenta con cuatro molinos instalados en serie los cuales se componen de tres masas con ranuras de  $\frac{1}{2}$  por  $\frac{1}{2}$  pulgada, dichas masas son una cañera, una superior y una bagacera y el soporte de estas se compone por dos pedestales llamados vírgenes”. (p.13)

“Los molinos también son conformados por un sistema hidráulico de 1,500 libras de presión con un peine superior, un peine bagacero y una cuchilla central y tiene una potencia de 180 HP” (Fuentes, 2006, p. 13).

Según (Fuentes, 2006) “los usos de los molinos son básicamente para extraer el jugo de la caña, el problema principal en el área de molinos es en las masas, ya que no tienen una abertura adecuada, se obstaculiza de esta forma la mayor extracción de jugo, también en los molinos se da un problema, cuando el bagazo al salir de molino anterior viene muy compactado produce un atascamiento en la entrada al molino siguiente y el atascamiento es de tal punto que las masas no tienen la suficiente adherencia como para llevarse ese bocado, por lo que es necesario parar la molido para destruir el bagazo compactado” (p. 14).

Dentro de los problemas más importantes se puede mencionar el rompimiento del eje del movimiento del pachaquil, aflojamiento de tablillas transportadoras y atoramiento del bagacillo en el cedazo del filtrado del guarapo por que el mantenimiento se vuelve indispensable para la maquinaria mecánica del ingenio.

## 2. Calderas

“En las instalaciones de fabrica existen dos calderas pero solamente una se encuentra en funcionamiento, la cual tiene una capacidad de 40,000 lb/h su combustión es generada por bagazo o leña y tiene una operación semiautomática, está compuesta por un domo el cual se encuentra en la parte superior y debe contener de 40 a 50% de agua para la producción de vapor, cuenta con un hogar en cuyo interior existe un aislamiento de material refractario para lograr retener por mayor tiempo la temperatura y permitir mayor transferencia de calor” (Fuentes, 2006, p. 15).

Según (Fuentes, 2006) “esta provista de tubería en su interior, además cuenta con una válvula de seguridad de presión interna este equipo es utilizado para la producción de vapor que es indispensable para el proceso de evaporación del agua en exceso del jugo, el problema de las calderas es el exceso de humedad ya que actualmente oscila entre 54 a 60%, este dato es superior al objetivo, se propone

controlar la humedad a través de la elaboración de pruebas cada cuatro horas y se anotan los resultados obtenidos en formatos de control para que sean analizados posteriormente por los encargados de laboratorio” (p. 15).

En el tiempo de zafra también se suscitaron problemas de lubricación y calentamiento de una de las chumaceras de babil de tiro inducido.

### 3. Clarificadores

“En este equipo se obtiene el jugo claro y es una vasija en la que se clarifica el guarapo de azúcar, el clarificador instalado en la fábrica consta de un eje central que gira lentamente, las especificaciones de trabajo son las siguientes: capacidad del clarificador es de 20,000 galones, las dimensiones son diámetro 14 pies, altura de 18 pies, cuenta con 4 bandejas, 4 bombas de diafragma, una por cada bandeja y la velocidad de rotación de trabajo es de 8 rev/hora” (Fuentes, 2006, p. 16).

Según (Fuentes, 2006) “el jugo entra en la parte superior del clarificador a través de un tubo de diámetro de 10 pulgadas, se permite la alimentación en cada bandeja, se llena el interior del clarificador por rebalse en los extremos del clarificador se tiene 4 tubos de 5 pulgadas, para permitir la salida del jugo claro de cada bandeja las bombas de diafragma funcionan a través de un eje con excéntricos se permite el movimiento oscilante y se logra extraer de esta forma la cachaza para luego ser enviada a los filtros de cachaza”. (p. 16)

Durante la zafra se suscitan problemas tales como: mal funcionamiento en las bombas de guarapo clasificado, problemas por agujeros en la tubería del guarapo clarificado y llenura en los tanques de alcalizado y clarificación, en el área de clarificación el problema principal es en el jugo filtrado en los filtros de cachaza, ya que estos tienen una malla (malla), no apropiada ya que no logra atrapar la cachaza mezclada con el jugo.

El clarificador es empleado para extraer las partículas contaminantes del jugo, se logra al final del proceso un jugo claro para posteriormente evaporarle el agua y obtener la meladura.

#### 4. Evaporadores

“Serie de cuerpos de superficie acalórica que evaporan el jugo a múltiple efecto, en el ingenio se cuenta con tres evaporadores provistos de una calandria de 7 pies de diámetro por 6 pies de largo, y el cuerpo de cada evaporador es de 9 pies de largo, y el cuerpo de cada evaporador es de 9 pies de largo, para un largo total de 15 pies, para obtener una concentración de la meladura se trabajan con 10 a 12 lbs de vapor” (Fuentes, 2006, p. 19).

Según (Fuentes, 2006) “en el área de evaporadores el evaporador No.3 ya no realiza su función correctamente ya que no evaporaba el exceso de agua en el jugo claro, en este evaporador se deben tomar acciones para aislarlo con material refractario y lograr una mayor retención del calor se aumenta de esta forma su eficiencia” (p. 19).

Según (Fuentes, 2006) “debido al tipo de proceso, en las calandrias de los evaporadores y pre evaporadores se acumula una especie de sarro que provoca disminución en la transferencia de calor, se disminuye la eficiencia en la capacidad de evaporación del aparato” (p. 19).

#### 5. Tachos

“Se cuenta comuna batería de cuatro tachos, los cuales tienen un diámetro de 79 pulgadas cada uno con un largo total de 19 pies, están provistos de una calandria de 4 pies de altura, tienen una capacidad de 235 pies cúbicos y trabajan con vapor de 6 a 10 lbs. Y con un vacío de 26 pulgadas de mercurio los tachos trabajan con vapor vegetal de 5 a 10 psi procedentes del primer y segundo efecto de los evaporadores.

En este equipo se obtiene la masa cocida que consiste en mieles y cristales de azúcar obtenidos de la sacarosa para luego ser enviado a los cristalizadores donde se prepara para ser centrifugado” (Fuentes, 2006, p. 20).

Según (Fuentes, 2006) “en los tachos el principal problema que se da es el llamado atraso en los tachos y se genera mucho cuando la meladura que sale del evaporador melador tiene los grados brix muy bajos, esto hace que el tacho tenga que cocer más tiempo la meladura para poder formar los cristales que serán los granos de azúcar posteriormente,” (Fuentes, 2006, p. 21).

#### 6. Cristalizadores

“En el ingenio existen 4 cristalizadores de 5 pies de ancho, 5 ½ pies de altura y 16 pies de largo los cuales trabajan a una revolución de 2 vueltas por minuto. Estos son recipientes horizontales de tipo U con paletas giratorias que mezclan la masa cocida, consiste en una serie de serpentines por donde pasa agua fría y caliente y tiene una serie de paletas para tenerle movimiento a la masa” (Fuentes, 2006, p. 22).

### **Figura 1**

Tachos para la cristalización



Fuente: Fuentes, 2006.

El proceso de extracción del jugo se compone de dos subprocesos que son la preparación de la caña, y la molienda de la caña.

#### 1. Preparación de la caña

“El objetivo de este proceso es desfibrar la caña se rompe o se abren las células que contiene el jugo para facilitar la extracción del mismo, las actividades del proceso inician desde la recepción de la caña, el volteo de la caña a las mesas de caña, la limpieza de la caña que puede ser con agua o en seco, el transporte de la caña por medio de conductores hacia la operación de molienda, el picado de la caña y el atrapamiento de piezas metálicas, por medio de un imán que se dañen los equipos de molienda el producto de este proceso es la caña preparada” (Morales, 2017, p. 24).

El objetivo del movimiento continuo a través de las paletas giratorias es evitar el endurecimiento de la masa y lograr que los cristales de azúcar se desarrollen.

“Factores importantes en la operación para lograr la buena preparación de caña son: 1) Nivel de caña en los conductores. 2) El flujo continuo de caña. 3) La velocidad de los conductores de caña. 4) La velocidad de giro del equipo de picado. 5) el buen estado de las picadoras, desfibradoras, troceadoras, entre otros” (Morales, 2017, p. 24).

Según (Morales, 2017) “El indicador de eficiencia de este proceso es el índice de preparación de caña por medio del método de grado de rompimiento de celdas, que indica porcentualmente la cantidad de celdas rotas sobre la totalidad de celdas posibles de romper” (p. 24).

La adecuada preparación de caña permite una alimentación de caña más pareja, aumentan la capacidad del tándem y logran mayor efectividad del agua de maceración.

## 2. Molienda de caña

“El objetivo de la molienda de caña es lograr extraer la mayor cantidad de azúcar presente en la caña, la estación de jugo se logra por medio de pasar la caña por varios molinos colocados en serie, a este juego de molinos en esa disposición se le llama tándem de molinos los molinos se componen de pares de mazas que exprimen la caña, y en la secuencia de molinos se cierra el área de paso para incrementar la extracción” (Morales, 2017, p. 25).

Para mejorar la extracción de jugo se aplica jugo de menor pureza a la caña en los intermedios antes de la entrada a cada molino a partir del molino 2 hasta el penúltimo molino, de tal forma que el jugo producto del molino 4 se aplica antes de la entrada al molino 3 (así bajo ese orden encada molino), a esta operación se le llama maceración, en el último molino se aplica agua con temperatura entre 60 a 80° C, a esta operación se le llama imbibición.

## II.2. Producción

“Durante el año de 1530 ingreso la caña de azúcar al país, en el año 1590 a través de los frailes dominicos se fundó en Centroamérica el primer ingenio azucarero en cual se conoció con el nombre se San Jerónimo en Baja Verapaz, Guatemala, la producción en sus inicios fue de unos 150 quintales mensuales, este ingenio contaba aproximadamente con unos 1,000 colaboradores, para la época se empleaban mulas para el transporte de azúcar” (Oliva, 2004, p. 9).

Según (Oliva, 2004) “alrededor del año 1530 ingreso la caña de azúcar a Guatemala, durante 1590 por medio de los frailes dominicos, inicio en Guatemala uno de los primeros ingenios azucareros con el nombre se San Jerónimo en la parte de Baja Verapaz, la producción en ese entonces era de 150 quintales al mes, el ingenio estaba conformado por 1,000 trabajadores, durante la época las mulas eran empleadas en el transporte a azúcar” (p. 9).

En el transcurso de los años de 1863 a 1914 se establecieron nueve ingenios entre los cuales se puede mencionar Santa Teresa Pantaleón San Diego, el Baúl, Tuluá, en forma paulatina se incrementa la comercialización de azúcar en el transcurso de los años de 1958 a 1969 se establecieron siete ingenios los cuales se mencionan a continuación, la Sonrisa 1958, los Tarros 1960, Concepción 1961, Palo Gordo 1962, Madre Tierra 1963, Santa Ana 1967 y la Unión 1969 (Oliva, 2004, p. 9).

Según (Oliva, 2004) “De 1975 a 1990 se establecieron cinco ingenios el Pilar (1975), Magdalena (1975), Tierra Buena (1977), Guadalupe (1981) y Trinidad (1990), para el año 2,004 el país contaba con 16 ingenios, cada uno contaba con su propia capacidad para la producción de azúcar crudo, estándar y refinado. Guatemala posee mayor capacidad de producción en comparación con los demás países centroamericanos juntos, el ingenio Pantaleón llega a producir un 20% más que la república de Honduras” (p. 10).

Hoy en día Guatemala es el tercer país a nivel de Latinoamérica y el séptimo en el mundo que produce azúcar de caña con altos estándares de calidad.

#### a. Elaboración de azúcar

“Los ingenios en Guatemala se administran a través de dos fases, una fase que es la producción y procesamiento de la caña de azúcar y la segunda fase es empleada para la reparación y mantenimiento durante la fase de producción es en la cual se realiza la cosecha de la caña de azúcar esta va de los meses de noviembre a mayo, durante este periodo la precipitación pluvial tiende a ser menor” (Oliva, 2004, p. 11).

“En la época en la cual se produce el azúcar se le denomina zafra, en este periodo de tiempo el ingenio realiza operaciones durante las 24 horas estas operaciones abarcan la producción y la molienda” (Oliva, 2004, p. 11).

Cuando se produce el azúcar se conoce como zafra, el ingenio trabaja las 24 horas, la zafra está comprendida por la producción y la molienda ósea desde la siembra hasta la fabricación de azúcar.

“La zafra da inicio con la finalización de las lluvias y generalmente termina cuando se finaliza el periodo seco, esto se debe a que los camiones no pueden ingresar a las áreas de campo a extraer el cultivo para poderlo transportar hacia el ingenio cuando se finaliza la zafra el ingenio entra en la fase de mantenimiento para lo cual se debe de desarmar la maquinaria y ordenar y limpiar el área de trabajo para la próxima zafra” (Oliva, 2004, p. 12).

Según (Oliva, 2004) “La zafra generalmente empieza en los inicios del periodo seco y finaliza previo a la entrada del periodo lluvioso. Esto es porque al transporte se les dificulta el ingreso a las áreas de producción, al finalizar la zafra se inicia la fase de mantenimiento de las maquinas del ingenio por que se aprovecha a implementar el mantenimiento necesario a las maquinas del ingenio, así como al transporte” (p. 12).

La producción de la caña de azúcar se puede dividir en cuatro partes: la producción de azúcar; el corte alce y transporte; el proceso de extracción de azúcar en la fábrica; y la logística que llevan todas las fases anteriores para alcanzar un producto de calidad y competir en el mercado.

#### 1. Producción de azúcar en el campo

“Media vez se ha establecido el cultivo, este puede ser productivo durante varios años. el cultivo de la caña de azúcar posee una curva de concentración la cual va en relación al tiempo (en libras de azúcar por tonelada de caña) esta tiende a ser similar a la “campana de Gauss” la cual empieza en forma ascendente, esta llega al tope y después esta tiende a disminuir” (Oliva, 2004, p. 13).

Según (Oliva, 2004) “Media vez se tiene éxito en las labores del cultivo durante el primer año, el cultivo de la caña puede permanecer y ser productivo durante varios años, la caña de azúcar posee una curva de concentración de azúcares en relación con el tiempo, esta se expresa en libras de azúcar por tonelada de caña esta curva es similar a la campana de Gauss, esta es en forma ascendente, esta llega a su punto máximo y luego decrece” (p. 13).

El cultivo de la caña de azúcar en la costa sur tiende a madurar en 12 meses, el corte se puede programar de los 11 a los 13 meses, lo esencial es realizar el corte de la caña de azúcar cuando la concentración de esta se encuentra en su punto óptimo, si el corte se realiza después de este punto, se tiende a obtener menos azúcar por tonelada.

La maduración de la caña de azúcar se alcanza al año, el corte se puede realizar de los 11 meses a un año con un mes, lo ideal es realizar el corte de la caña de azúcar cuando esta se encuentra en su punto máximo, si el corte se realiza después de que se encuentra en este punto, se reducen los contenidos de azúcares (Oliva, 2004, p. 14).

Según (Oliva, 2004) “En la producción de campo se les da prioridad a las prácticas agrícolas dentro de las cuales está la preparación del suelo, el control de plagas y enfermedades, la fertilización, el riego, el control de malezas, el empleo de madurantes y la protección de suelos y sobre todo el cuidado con la quema elaborar las rondas pertinentes en los alrededores para evitar inconvenientes” (p. 14).

En las prácticas de campo se les da prioridad a las actividades agrícolas, dentro de las cuales se puede mencionar la preparación de suelo, el control de plagas y enfermedades, las labores de fertilización, riego, control de malezas, aplicación de madurantes, así como la protección de suelos con buenas prácticas agrícolas de parte del departamento de producción de caña.

“En el término precosecha se hace referencia cuando se ingresa al campo a realizar el proceso de corte, para lo cual se debe de realizar un muestreo con la finalidad de verificar que la caña tenga su punto máximo de madurez, media vez se realice el muestreo se determina la fecha en la cual esta alcance la mayor concentración de azúcar para lo cual se debe de realizar un programa de corte, el cual se empieza a ejecutar con el inicio de la zafra” (Oliva, 2004, p. 15).

En la precosecha se deben de realizar muestreos para determinar el grado de madurez de la caña de azúcar, con lo cual se determina su punto máximo y se programa el corte.

## 2. Corte, alce y transporte

“Una de las características de la caña de azúcar es que es un cultivo perecedero, el cual empieza a perder vida seguido del corte o de la quema de la caña, con lo cual se da un proceso de inversión, en este proceso la sacarosa tiende a desdoblarse en fructuosa, así como en glucosa, estos azúcares no tienden a cristalizarse, por lo cual se llega a obtener más miel que azúcar, lo cual puede llegar a provocar pérdidas de hasta siete libras de azúcar por tonelada durante el día” (Oliva, 2004, p. 15).

La quema de la caña de azúcar tiende a ser un proceso que se realiza antes del corte, este se realiza con la finalidad de mejorar la eficiencia del cortador, con lo cual también se disminuye la basura de caña que llega a la fábrica también por medio de la quema se pueden controlar ciertas plagas, pero también sufre las comunidades aledañas por el humo de la caña lo que últimamente ha generado descontento a los pobladores de algunas comunidades cercanas a la quema de caña.

Antes del corte de la caña de azúcar se realiza la quema, con esto se logra un mayor rendimiento del cortador, de la misma forma se eliminan las impurezas de la caña de azúcar, por lo que esta llega un poco más limpia a la fábrica se estima que por medio de la quema se puede ejercer el control sobre plagas (Oliva, 2004, p. 16).

Según (Oliva, 2004) “Cuando se realiza el corte a granel, se tiende a emplear un machete tipo australiano, el cual posee un diseño en ángulo, el cual se adapta a la mano del trabajador, por medio del cual los cortes ayudan a mantener la calidad de la caña de azúcar” (p. 17).

Cuando se realiza el corte se emplea un machete australiano por medio del cual se mantiene la calidad de la caña de azúcar, luego de esto se deja la caña en filas (churras), esta tiende a ser halada por medio de una alzadora, la cual tiende a sujetar a la caña a través de sus tenazas y las coloca en una jaula para luego ser llevada al ingenio, el corte de la caña de azúcar se realiza durante el día, las labores de alce y transporte se realizan las 24 horas.

“Después de realizado el corte se empiezan a formar las churras, las cuales son alzadas por medio de un brazo hidráulico (alzadora), con este se sujeta la caña y se coloca en las jaulas para poder ser transportada hacia el ingenio, el corte de la caña de azúcar se realiza a la luz del día, el alce y el transporte son actividades continuas” (Oliva, 2004, p. 17).

Según (Oliva, 2004) “Para los ingenios la cosecha tiende a ser un proceso fundamental, la cual depende del transporte y del beneficio que se obtenga en el ingenio (producción), la caña de azúcar después de ser cortada, se coloca en forma de churras continuas para permitir que se realice el alce y transporte” (p. 18).

“En los ingenios la cosecha es una actividad esencial, la cual depende del transporte y de la producción, para poder cumplir con el abastecimiento del ingenio, con materia prima de calidad, se hace necesario realizar programaciones de recolección, para lo cual se debe identificar las zonas productivas y las vías de acceso que estas cuentan, se debe de establecer la ruta de transporte, para lo cual también se deben de determinar los costos” (Oliva, 2004, p. 18).

Se debe de realizar un programa de recolección de la caña de azúcar en función del corte en las áreas productivas se toma en cuenta a las rutas del transporte, así como los costos.

### 3.Extracción de azúcar

Después de que la caña es cortada en el campo, esta se traslada al ingenio por medio del área de transporte, al llegar al ingenio se realiza un proceso de prelavado por medio del cual se elimina el polvo, la caña se descarga seguidamente a las mesas alimentadoras, a través del empleo de grúas hidráulicas, en estas mesas la caña se tiende a lavar totalmente, con esta actividad se tiende a eliminar una gran cantidad de tierra, lodo e impurezas que puedan haber sido trasladadas desde el campo, por medio de esta actividad se determina la cantidad de caña que va a ser molida (Oliva, 2004, p. 19).

Según (Oliva, 2004) “Después de realizado el corte la caña de azúcar se transporta al ingenio, en donde se realiza un lavado preliminar para eliminar el polvo, la caña pasa a través de las mesas alimentadoras en donde la caña se lava en su totalidad, en este lavado se elimina tierra e impurezas y se puede determinar la cantidad de caña que se va a procesar” (p. 19).

Media vez la caña ingresa a las fajas, esta tiende a ser desfibrada a través de los picadores de caña, con lo cual se beneficia la extracción de los jugos en los molinos, en los molinos se tiende a separar el bagazo (fibra leñosa). Al momento de que la caña pasa a través de las fajas, esta es desfibrada por medio de los picadores de caña, con lo que se ve un beneficio en la extracción de los jugos en los molinos, en donde se extrae el bagazo.

El jugo que se obtiene en los molinos tiende a ser ácido, turbio, este es de color verde oscuro, el bagazo se expulsa a través del último molino, el cual se emplea como

combustible en las calderas o para la generación de energía por la cual los ingenios empiezan la zafra en verano para poder vender energía al país y aprovechar el bagazo de caña de la mejor manera posible.

“El jugo que se obtiene en los molinos pasa a un tanque de alcalinización, cuando encuentra el jugo alcalinizado, este se bombea hacia los calentadores la temperatura se eleva cerca del punto de ebullición, después el jugo se traslada a los clarificadores” (Oliva, 2004, p. 19).

## **Figura 2**

Molino en fábrica de ingenio



Fuente: Oliva, 2004.

Según (Oliva, 2004) “el jugo que se genera en los molinos es ácido, presenta turbidez y tiende a ser de coloración verde el bagazo sale del último molino, este se emplea como combustible en las calderas, el jugo que se genera en los molinos es colocado en un tanque de alcalinización, este jugo alcalinizado se traslada hacia los calentadores, la temperatura se eleva cerca del punto de ebullición, este después es llevado a los clarificadores” (p. 20).

Media vez el jugo pasa a los clarificadores, este se tiende a cristalizar, la cristalización también es conocida como el cocimiento de la sacarosa la cual posee el jarabe, lo cual se realiza en los tachos (evaporadores al vacío), por medio de este cocimiento, depende de su pureza se va a generar azúcar crudo (este se exporta, es materia prima para la elaboración de concentrados de animales), el azúcar blanco (producto final para el consumo humano) y el azúcar para ser refinada.

“Una vez que el jugo pasa a través de los clarificadores, este se cristaliza, a la cristalización es el cocimiento de la sacarosa, esta tiene un jarabe, esto se realiza en evaporadores al vacío a través de este cocimiento se genera el azúcar crudo el cual es empleado en la elaboración a alimentos para animales, el azúcar blanco es el producto terminado que se comercializa, también se obtiene la azúcar refinada” (Oliva, 2004, p. 21).

Según (Oliva, 2004) “la azúcar refinada lleva un proceso de lavado por medio de un condensado de vapor, el proceso de secado se realiza por medio de aire caliente, el azúcar refinado se clasifica en base al tamaño del cristal, este azúcar se almacena en silos previo a ser empacado” (p. 22).

La azúcar refinada es sometida a un proceso de lavado a través de un condensado de vapor, el secado es mediante aire caliente, el azúcar refinado se selecciona en base al tamaño del cristal, este es almacenado en silos previo a su traslado.

“El azúcar crudo que es exportable sale de forma directa a través de las centrifugas y esta se direcciona a los silos de almacenamiento, en estos silos se realiza la carga a granel en jaulas, para su transporte al puerto de embarque; otra opción es que se empaca en sacos de 50 kg para ser empleada como materia prima en la elaboración de concentrados para animales el azúcar blanco es empacado en presentaciones de 400 gr, 460 gr, 2,300 gr, 25 lbs y 50 kg” (Oliva, 2004, p. 23).

El azúcar en crudo que se comercializa en el exterior se obtiene por medio de las centrifugas, esta se transporta a los silos de almacenamiento, para luego poder ser transportadas al puerto, esta azúcar también se empaca en sacos de 50 kilogramos, la cual puede ser empleada en la fabricación de alimentos balanceados para animales.

### **II.3. Producción de azúcar en Guatemala**

“De la caña de azúcar se obtiene el azúcar, esta se obtiene como consecuencia de un proceso agrícola e industrial, para luego comercializarse” (Acevedo, 2012, p.1).

“Las empresas que conforman la industria azucarera, proveen la mayor fuente de empleo a nivel nacional, en el periodo de la zafra, es una industria que se encuentra en expansión, se presenta una mejora continua en todos sus procesos, la cual se ha sometido a procesos de certificación para que sus productos se puedan comercializar a otros países” (Acevedo, 2012, p.1).

Según (Acevedo, 2012) “el azúcar se obtiene de la caña de azúcar la cual lleva un proceso agrícola y un proceso industrial para poder obtener el azúcar como producto final, el cual es el que se comercializa, la industria azucarera es una de las que activa la economía nacional” (p.2).

Según (Acevedo, 2012) “los ingenios emplean a muchas familias, dentro de los procesos de la obtención del azúcar se da una mejora continuada, se lleva a cabo el cumplimiento de muchas auditorias en los procesos agrícolas, industriales y con el medio ambiente, lo cual en muchas ocasiones es requisito por parte del comprador o del país de destino” (p.2).

La industria azucarera es una de las principales productoras de fuentes de divisas en el país, también es generadora de empleo para muchas personas en el país, mejora así la economía Guatemalteca por la obtención de puestos de trabajo directos e indirectos.

Dentro de los 11 ingenios estos ayudan al desarrollo de los municipios en donde se encuentran y se le provee de trabajo a más de un millón de personas, con lo que se considera una de las bases para el desarrollo de Guatemala.

Los ingenios en si son generadores de divisas, mediante el empleo se mejora la economía local de los municipios en donde se encuentran localizados los ingenios, se considera que ayudan al desarrollo de Guatemala en gran manera.

“La agroindustria azucarera se ha fundamentado en la voluntad que tienen sus integrantes de estar unidos, con lo cual se puede promover el desarrollo de programas, políticas y proyectos” (Acevedo, 2012, p.7).

Según (Acevedo, 2012) “La agroindustria azucarera siempre ha sido de índole privado dentro de los principales ingenios se puede mencionar: Pantaleón, Concepción, Palo Gordo, Madre Tierra, Tululá, San Diego/Trinidad, Santa Teresa, La Sonrisa, La Unión, Santa Ana, Magdalena y el Pilar” (p. 7).

Una de las bases de la industria azucarera han sido sus miembros que han buscado acciones en conjunto con lo cual pueden implementar tecnologías y proyectos en conjunto con por ejemplo Cengicaña. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar quienes tratan de mejorar cada vez más con estudios que contribuyan al monocultivo de la caña.

#### a. Departamento de fábrica

“Este departamento se divide en once áreas, las cuales son parte esencial y primordial dentro del proceso que aquí se realiza, dentro de las cuales se puede enumerar: Patio de caña, molinos, calderas, clarificación, evaporación, tachos, centrifuga, envasado, bodega de producto terminado, taller industrial y bodega de materiales” (Fuentes, 2006, p. 7).

De acuerdo con (Fuentes, 2006) “la fábrica se divide en 11 áreas, cada una de ellas influye en el proceso de la elaboración del azúcar dentro de las cuales esta: Patio de caña, molinos, calderas, clarificación, evaporación, tachos, centrifuga, envasado, bodega de producto terminado, taller industrial y bodega de materiales” (p. 7).

Las actividades que se realizan en el departamento de fábrica son:

#### 1. Producción de azúcar

“Dentro de la producción de azúcar está el corte de la caña, la molienda, el proceso de clarificación, la cristalización, centrifugado, envasado y almacenamiento, estas actividades se realizan durante el periodo de zafra (molienda de azúcar), la cual comprende de los meses de noviembre a mayo (periodo seco, con menos precipitaciones pluviales” (Fuentes, 2006, p. 7).

Dentro del proceso productivo de la caña de azúcar se encuentra el corte de caña, la molienda, clarificación, cristalización, centrifugado, envasado y almacenado, todo esto se realiza en el periodo de zafra ya sea mecanizado o manual mente.

#### 2. Venta de subproductos

“Los subproductos se obtienen del proceso de extracción de azúcar, la melaza es uno de los subproductos que se generan, la cual también se conoce como la miel final, esta se vende para ser empleada como alimento de ganado, el periodo de venta es durante la zafra, los azúcares de esta miel no se cristalizan” (Fuentes, 2006, p. 7).

Dentro de los subproductos que se obtienen en el proceso de fabricación del azúcar, está la melaza a la cual también se le denomina miel final, esta se vende para usarse como alimento de ganado, esta se vende en el periodo de zafra, los azúcares de la miel

final no son cristalizables el cual es más para el ganado lechero que acompañado de otro ingrediente provoca el aumento de leche en las vacas.

### 3. Reparación del equipo

“El periodo para poder realizar reparaciones es después de que se finaliza el periodo de zafra, lo que se conoce como tiempo muerto que comprende de los meses de mayo a noviembre, lo cual se basa en el mantenimiento correctivo, preventivo y la calibración del equipo que se emplea en el proceso” (Fuentes, 2006, p. 7).

Las reparaciones se realizan cuando se finaliza con la zafra, lo que se denomina como tiempo muerto, en este lapso se tiempo se realiza el mantenimiento correctivo, preventivo y se calibra el equipo.

### 1.4 Venta de azúcar

“Esta se realiza por medio de los encargados de bodega de producto terminado los cuales son supervisados por personal de la asociación de azucareros de Guatemala, este personal se encarga de verificar que los documentos de compra estén en orden, esta es una auditoria constante que hay que cumplir” (Fuentes, 2006, p. 8).

“El azúcar de Guatemala es símbolo de eficiencia y avance tecnológico a nivel global por esa razón es una agroindustria de relevancia en la economía del país por el impacto social y económico que genera a partir de sus actividades” (Asociación de Azucareros de Guatemala, 2020).

“El azúcar y sus derivados, están entre las cinco principales exportaciones de Guatemala. Las exportaciones de azúcar, han generado divisas que han superado los US\$1,000 millones el azúcar de Guatemala genera empleos y contribuyen al desarrollo del país”(Asociación de Azucareros de Guatemala -Asazgua-2020).

**Figura 3**

Expogranel



Fuente: Acevedo, 2012.

## **II.4. Caña de azúcar**

### **a. Taxonomía y origen**

“La caña de azúcar forma parte de la familia Poaceae (*Gramíneas*), pertenece al género *Saccharum* y a la especie *Saccharum officinarum*. Usualmente las variedades que se cultivan son híbridos que forman parte de la especie *officinarum* (Ramírez, 2015, p. 8).

Según (Castro, 1977) “La caña de azúcar es procedente del extremo oriente, de este punto partió a España a la zona de Malanga y a la zona de Motril, esto fue durante el siglo IX, seguidamente se expandió al continente americano durante el siglo XV, hoy en día existen muchos países latinoamericanos que son grandes productores de caña de azúcar, como por ejemplo Brasil” (p.6).

### **b. Morfología**

“Su tallo tiende a ser macizo y cilíndrico de cinco a seis cm de diámetro, de forma alargada se puede alcanzar una altura de los dos a los cinco metros, no posee

ramificaciones es considerado como un fruto verdadero el cual es de aprovechamiento agrícola, esto se debe a que en sus entrenudos posee almacenada el azúcar, la caña de azúcar es rica en sacarosa con un 14% aproximadamente, aunque esto puede variar por factores como el tipo de suelo” (Monroy, 2010, p. 2).

Según (López, 2000) “la caña de azúcar aparte de que nos proporciona sacarosa, posee otros aprovechamientos como lo es la melaza, la cual es empleada como la materia prima del ron, el bagazo, el cual es empleado como fuente de energía en las calderas de los ingenios. Entre otros aprovechamientos se puede enumerar la elaboración de composteras, vinaza, ceras y la fibra absorbente” (p.12).

“Su sistema radicular está conformado por un robusto rizoma subterráneo, sus hojas tienen una forma alargada, son delgadas y planas, se encuentran recubiertas por pequeñas vellosidades en las cuales se encuentran unas aperturas estomáticas”(López, 2000, p.12).

“Para que la planta pueda generar la inflorescencia, esta deberá de tener una edad determinada, además las siguientes variables son esenciales como la fertilización, el fotoperiodo, la temperatura y las condiciones de humedad deberán de ser las adecuadas” (Ramírez, 2015, p.12).

La planta tendrá una transformación en sus procesos de un crecimiento vegetativo a un desarrollo reproductivo, durante este proceso los entrenudos tienden a alargarse, un proceso que nos indica que la planta va a producir la inflorescencia es la aparición de la hoja bandera (Ramírez, 2015, p.12).

la inflorescencia está conformada por una panícula, la cual posee unos ejes secundarios en los cuales se encuentran unos pares de espiguillas que se encuentran unidas por medio de un pedicelo y poseen una sola flor(Ramírez, 2015, p.12).

### c. Requerimientos edafoclimáticos

#### 1. Temperatura

“Para un buen desarrollo la temperatura deberá de ser de 14 a 16° C. Para el proceso se germinación se requiere una temperatura de los 32 a los 38° C. Cabe destacar de que la caña de azúcar no tolera temperaturas inferiores a los 0° C” (Monroy, 2010, p. 12).

#### 2. Humedad relativa

“Esta deberá de ser alta para que el crecimiento vegetativo de la caña de azúcar sea más acelerado cuando en cambio la humedad relativa es baja, y se adiciona un riego deficiente, la caña de azúcar va a madurar” (Cengicaña, 2012, p. 40).

#### 3. Radiación solar

La caña de azúcar requiere y asimila la radiación solar, puede llegar a transformar alrededor de un 2% de la energía captada en biomasa, como consecuencia el cultivo de la caña de azúcar requiere de una buena iluminación con esto se podrá llegar a mejores resultados.

“En otras palabras, cuando la caña de azúcar es sometida a una radiación solar mayor, se obtendrá una mayor eficiencia en el proceso de la fotosíntesis y como resultado se va a obtener una mayor producción, así como lo es una mejor acumulación de azúcares” (Cengicaña, 2017, p. 22).

En lo que se refiere al riego, la caña de azúcar posee un requerimiento hídrico de unos 1,200 a 1,500 mm anuales, se recomienda hacer una distribución proporcional del aporte hídrico que se le provea al cultivo durante la época seca, aunado a esto se debe de considerar quitar el aporte hídrico al menos un mes antes de la cosecha.

Además, se deberá de evitar de que la caña de azúcar padezca de encharcamientos.

#### 4. Suelos

“Se recomienda de que sean ligeros para poder obtener mejores rendimientos; se debe de resaltar de que la caña de azúcar no es un cultivo que requiera de buenos suelos. en los suelos ácidos y en los calizos promueven la formación de una clorosis” (Monroy, 2010, p.12).

La caña de azúcar necesita de óptimas condiciones edafoclimáticas, para lograr alcanzar una mayor producción de azúcar, como lo son un clima seco, poca humedad, abundante luz solar, noches frescas, precipitaciones o poco riego cuando se madura, abundante temperatura durante el día, debe poseer un suelo ligero.

#### d. Propagación vegetal

“La propagación de la caña de azúcar se realiza por medio de esquejes (tallos), los hycuales usualmente son llamados semillas. Para la siembra se colocan dos tallos en pares, de forma horizontal en el interior del surco, en promedio tienen 40 cm de longitud y de 3 a 4 yemas por tallo” (Cengicaña, 2012, p. 19).

Dentro de las variedades de caña de azúcar se buscan las siguientes características:

- a) Altos rendimientos (ton/ha)
- b) Tolerancia a plagas y enfermedades
- c) Adaptable a las condiciones edafoclimáticas
- d) Alto contenido de sacarosa expresado en grados brix.
- e) Mayor contenido de jugos
- f) Resistencia al acame
- g) Baja presencia de inflorescencias (Cengicaña, 2017, p.22).

Dentro de las principales variedades se podrá mencionar a la CP722086, CP 731547, CP 881165, en los últimos años se ha estado se trata de desarrollar nuevas variedades como las CG, de estas al momento son muy pocas la que se explotan a nivel comercial.

e. En la fertilización

Se puede mencionar que es un cultivo demandante de los nutrientes que se encuentran en el suelo, por esta razón es esencial el desarrollar un buen plan de fertilización a manera general se recomienda incorporar en el fondo 100 Kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, 250 Kg de K<sub>2</sub>O/ha y 100 Kg de N/ha. Y en la cobertura se recomiendan de 200 a 300 Kg de N/ha, estos se deberán de distribuir en tres aplicaciones durante el periodo seco.

La fertilización es importante para la siembra de caña de azúcar de esta misma forma se deberán de incorporar otros elementos que son requeridos en la siguiente composición; 47 Kg Ca/ha, 47 Kg de Mg/ha y 60 Kg de S/ha (Cengicaña, 2006, p. 25).

f. La cosecha de la caña de azúcar

“Se podrá realizar de forma manual por medio de la formación de una chora de seis surcos o mecanizada mediante el empleo de una cosechadora, en nuestro país usualmente se hace la cosecha seguidamente después de las quemas a través del corte con machete de trabajadores” (Cengicaña, 2002, p. 18).

**Figura 4**

Cosecha de caña de azúcar



Fuente: Cengicaña, 2017.

Según (Cengicaña, 2002) “cuando se quema la caña de azúcar se pretende eliminar impurezas y de esta forma incrementar la velocidad de corte del personal el impacto de la quema es su efecto que causa al medio ambiente, la calidad del aire es lo primero que se ve afectado; seguidamente se ve afectada la fertilidad del suelo, se provoca la pérdida de microorganismos y a la vez la cantidad de materia orgánica se ve reducida, se ve afectada la cantidad de sacarosa debido a las elevadas temperaturas que tiene que soportar la planta en el momento de la quema” (p. 18).

En países como Colombia se implementa la cosecha en verde para mitigar el impacto de las quemadas al medio ambiente, en las dos formas de implementar, tanto para la cosecha manual, como para la cosecha mecanizada.

Para que sea eficiente el corte en verde deberá de tener un bajo contenido de impurezas (trash) al momento de llegar al ingenio, en últimos años ha venido la tendencia de incrementar la eficiencia del cortador y poder emplear los restos de la cosecha para generar subproductos.

“Se emplean dos tipos de corte manual uno de ellos es el corte convencional, en el cual se corta el tallo desde la base, se despunta y se deja preparado para el transporte por medio de la formación de una chorra continua, y el corte limpio, en el cual se retiran las hojas del tallo, el tallo es cortado desde la base, se despunta, y se deja preparado para el transporte como se describió anteriormente. La diferencia entre estos dos tipos de corte radica en la presencia de las hojas del tallo o la ausencia de estas” (Cengicaña, 2012, p. 14).

En el corte mecanizado generalmente se emplean cosechadoras de labor combinada, se les llama así porque despuntan los tallos, estos son cortados desde su base y son partidos en trozos pequeños, existen procesos de cosecha mecanizada en verde con la cual se busca que sea eficiente el corte de la caña de azúcar.

g. Plagas

1. Gusano barrenador del tallo (*Diatraea saccharalis*)

“Se debe de considerar el tipo de metabolismo que posee, en estado adulto permanece en latencia, se encuentra escondido en el envés de las hojas secas de la caña de azúcar, esto es durante el día; durante las noches se vuelve activo, en su estado larval realiza perforaciones en los raquis de las hojas y seguidamente barrena las plantas tiernas” (Monroy, 2010, p. 8).

“Se detecta que en plantas desarrolladas ocasionan más daño a nivel foliar, durante su desarrollo en la segunda muda barrenan el tallo y tienden a formar galerías a lo largo del mismo, antes de pasar al estadio de pupa realiza galerías de mayor tamaño, esto hasta que logra salir afuera, estas galerías son cubiertas con hilos y fibras de la misma caña, se logra al final pasar al estadio de pupa” (Monroy, 2010, p. 8).

Debido a la actividad que desarrolla, las galerías provocan una oxidación lo que provoca una disminución en los contenidos de sacarosa, y como consecuencia también se pierden los grados brix, por aparte provocan la muerte de tallos jóvenes y se ve disminuida la capacidad vegetativa de la caña de azúcar.

2. Chinche salivosa (*Aeneolamia postica*)

Las ninfas succionan la savia de las raíces de la caña, los adultos prefieren las hojas, al momento de succionar la sabia le transmiten a la planta una sustancia, por medio de la cual generara una necrosis y la aparición de manchas rojizas que tienden a debilitar la planta hasta que esta se seque es la especie de mayor abundancia y distribución en la zona cañera de Guatemala con 96.56 por ciento de ocurrencia, comparado con 3.44 por ciento para (*Prosapia simulans*), el estudio incluyó 28 campos de caña de azúcar ubicados entre los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez (Cengicaña, 2012, p. 22).

#### h. Enfermedades

##### 1. Raya roja (*Xanthomonas rubrilineans*)

“Aparecen unas rayas rojizas las cuales se extienden paralelamente a los nervios de la hoja, Cuando la infección es severa se provoca la pudrición del cogollo, así como el tallo de la planta” (Monroy, 2010, p. 9).

La enfermedad se presenta como un rayado en el follaje o como una pudrición del cogollo, estos síntomas pueden aparecer al mismo tiempo o en forma separada, dependiendo de la presencia de una alta humedad relativa en el ambiente, las plantas jóvenes son más susceptibles a la raya roja que las adultas.

2. “Virus del mosaico de la caña de azúcar; el medio de transmisión del virus es por medio de áfidos, promueve la aparición de diversas manchas de colores, las cuales podrán ser de verdes a una tonalidad blanquecina” (Monroy, 2010, p. 9).

#### **II.5. Procesos de fabricación del azúcar**

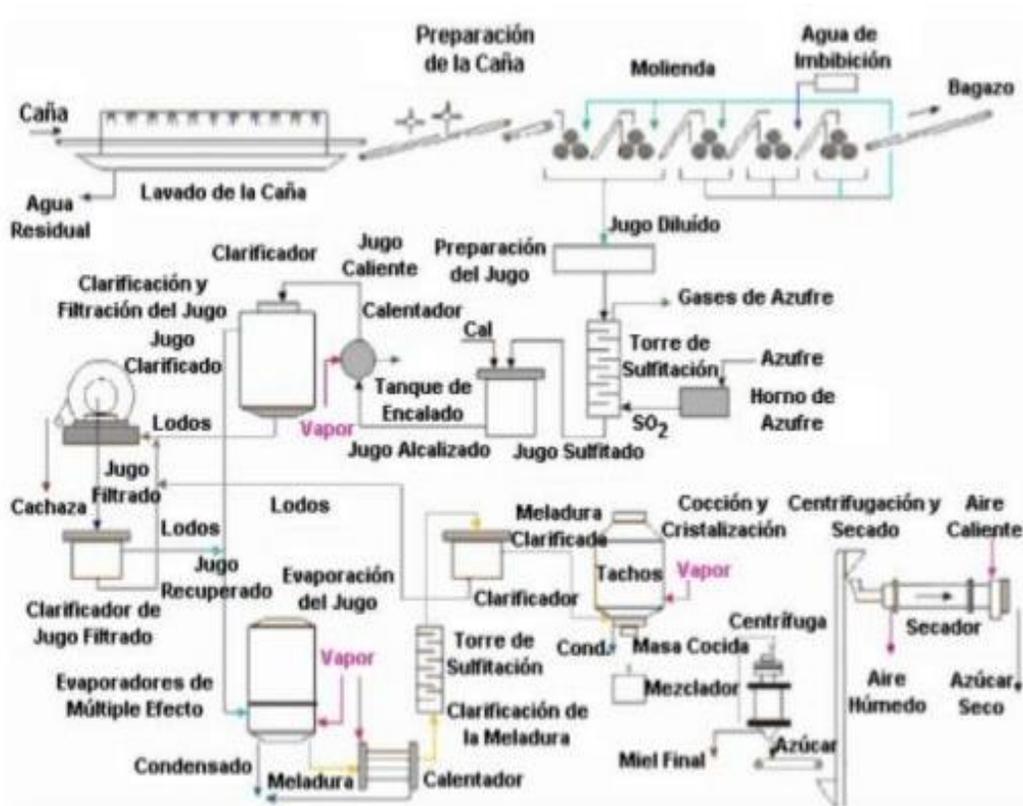
“Dentro de los derivados que se pueden obtener en la industria azucarera, se debe de mencionar que muchos de estos productos se aprovechan en la comercialización interna de mercancías, tanto en el mercado nacional como en la exportación dentro de los cuales se puede mencionar la pulpa y el papel, alcohol y la levadura de recuperación, la levadura torula, la levadura panadera, la lisina y el ácido cítrico, etc. la denominada sucroquímica la cual es el desarrollo de los derivados de la caña de azúcar en subproductos, la cual es esencial” (Ribera, 1980, p. 228).

En el proceso de la elaboración del azúcar se generan muchos subproductos, los cuales se comercializan en el mercado interno y en el mercado externo.

A continuación, se presenta en la siguiente figura el proceso de fabricación de azúcar en un ingenio el cual detalla cada paso a realizar.

**Figura 5**

Proceso de fabricación de azúcar



Fuente: Fernández, 2003.

Según (Ribera, 1980) “uno de los principales subproductos de la caña de azúcar es el bagazo, el cual se puede emplear en la fabricación de varios tipos de subproductos. (p. 229).

“Otro de los subproductos es la melaza la cual se emplea como materia prima para la elaboración de Ron, de la melaza también se puede obtener la levadura panadera. las opciones que nos pueden proporcionar los subproductos de la industria azucarera, se puede mencionar a una gran cantidad de productos” (Ribera, 1980, p. 229).

El principal subproducto que se obtiene de la caña de azúcar es el bagazo, el cual puede ser empleado como materia prima en la elaboración de papel, el segundo subproducto que se obtiene es la melaza la cual es la materia prima para la elaboración de ron, de la melaza también se pueden obtener levaduras.

#### a. Bagazo

El bagazo consiste en ser un residuo fibroso el cual se obtiene en el ingenio por medio del proceso de extracción de jugos, el cual se emplea como fuente de energía en las calderas de los ingenios y en el área de cogeneración de energía eléctrica, con lo que se puede mencionar que la industria azucarera es una industria auto sostenible en la generación de a la energía, cabe destacar que se generan excedentes de bagazo que es materia prima en procesos industriales” (Rivera,1980, p. 229).

Según (Ribera, 1980) “el bagazo es un residuo de consistencia fibrosa, este se obtiene cuando le extraen los jugos a la caña, el bagazo es usado como fuente energética en las calderas de los ingenios, así como también en la generación de energía eléctrica, lo que vuelve a la agroindustria azucarera en una industria diversa, los excedentes de bagazo se emplean en varios procesos industriales” (p. 229).

Del bagazo también se pueden obtener las mencionadas mieles hidrolíticas, las cuales seguidamente se pueden fermentar para poder obtener alcohol y proteínas, las cuales se emplean en la alimentación animal como también panelas de dulce o jarabes para curar problemas de piel o gastro intestinales.

Otro de los productos que se puede obtener del bagazo es el papel, a nivel mundial la producción de papel a partir del bagazo de la caña llega a superar el millón y medio de toneladas, existen más de 50 cincuenta fábricas, las cuales en su mayoría ya están

establecidas por que la utilización del bagazo de caña es eminente para proteger el medio ambiente y contribuir con la industria papelera del país.

“El bagazo también puede ser empleado como materia prima en la elaboración de madera artificial, esta madera se emplea en la fabricación de muebles, se habla de que una industria con altas rentabilidades, en la cual el periodo de recuperación del capital es en el corto tiempo” (Ribera, 1980, p. 230).

Del bagazo se pueden obtener mieles las cuales después de un proceso de fermentación se puede obtener alcohol y proteínas, que se pueden emplear en la alimentación animal también puede ser materia prima en la elaboración de papel y madera artificial.

#### b. Melaza

“Cuando se habla de melaza se piensa en los subproductos más comunes como lo es la levadura panadera, el ron, la producción de alimentos para animales aunque de la melaza se pueden obtener otros productos entre los cuales está la elaboración de alcohol como combustible, o la elaboración de alcohol como materia prima de la industria alco-química la melaza se puede emplear en muchos procesos de fermentación, específicamente en la producción de proteínas” (Rivera, 1980, p. 231).

De la melaza se puede producir ron y levaduras, así como alimentos para animales, la melaza puede ser la materia prima para la producción de etanol o alcohol para la industria farmacéutica, dentro de los procesos de fermentación también se puede dar origen a proteínas.

Dentro de los residuos de cosecha se tiene el rastrojo que se queda en el campo como resultado del despunte y del deshoje que se le realiza a la caña de azúcar.

#### c. Los residuos de cosecha

“ los residuos de cosecha los cuales pueden ser aprovechados para la transformación de productos, su transformación más inmediata es para elaborar alimentos para el ganado, no es necesario el levantar el 100% se debe de dejar un porcentaje para poder recuperar la materia orgánica de los suelos también se pueden emplear como materia prima en la elaboración de productos hidrolíticos para fuente de alimentación de animales, también se pueden emplear como una fuente de energía “(Ribera,1980, p. 231).

A los residuos de cosecha se les puede dar un valor económico como fuente de alimento para el ganado, también pueden ser una fuente de materia prima para la elaboración de productos hidrolíticos como fuente de alimento para los animales, el rastrojo que se queda en el campo, se descompone y se incorpora a los suelos.

#### d. Cachaza

“La cachaza es el resultado de un proceso de filtración de los jugos, la cantidad de cachaza que se obtiene, así como sus componentes varían en función de la localización del cultivo, de la variedad de la caña de azúcar, de la eficiencia de la molienda, y del proceso de clarificación de las mieles entre otros” (Rivera,1980, p. 232).

Según (Rivera, 1980) “dentro de los componentes que se encuentran en la cachaza se puede mencionar la cera cruda, grasas, fibra, azúcares y proteína cruda, por lo que se considera como una materia prima con un alto potencial, a pesar de que en muchas ocasiones es depositada en los campos de caña como fertilizante a las seis semanas de la siembra, esto es como resultado de su alto contenido nutricional, se estima que posee fosfato, nitrógeno y potasio, los cuales le dan un gran aporte nutricional a la planta en la etapa de macollamiento, a la cachaza se le puede extraer la cera para poder ser empleada como un abono orgánico humificado” (p. 232).

La cachaza se obtiene de un proceso de filtración de los jugos, su cantidad va a depender de varios factores como lo es el área en donde se encuentra la plantación, la variedad de caña de azúcar y el tipo de manejo agronómico que se le haya dado, la cachaza está compuesta de cera cruda, fibra, grasa y proteína, por lo que es una materia prima que se puede transformar en varios subproductos.

“Uno de los usos más comunes de la cachaza es que se deposita en los campos de siembra como fertilizante como consecuencia de su contenido nutricional, la cachaza es rica en nitrógeno, fósforo y potasio estos nutrientes son asimilables por la planta durante la etapa de macollamiento en ciertas circunstancias a la cachaza se le extrae la cera para poder ser empleada como un fertilizante humificado, el cual posee la capacidad de retención de humedad del suelo” (Rivera, 1980, p. 232).

De acuerdo con (Rivera, 1980) “señala que también se pueden elaborar composteras a base de cachaza y bagazo, mediante una fermentación aeróbica y anaeróbica, se emplea microorganismos celulíticos, el tiempo de descomposición es de tres meses, al final se obtiene un abono con alto contenido de nitrógeno, fósforo y potasio. Según investigaciones se estima que con 2.3 ton del compost/ha, se llega a incrementar en un 20% el rendimiento con lo que se vuelve eficiente la elaboración del compost. (p. 233).

Según (Rivera, 1980) “Mediante el método del doble solvente se puede extraer la cera de la cachaza o también se puede emplear el método del solvente simple” (p. 233).

De acuerdo con Rivera (1980) “con la cera extraída se pueden fabricar los siguientes productos: Betún, cosméticos, emulsiones que se emplean para recubrir los cítricos, cera para dar brillo en superficies, también se pueden obtener grasas y aceites, productos que no se desean en la producción de las ceras, estos pueden ser empleados como fuente de energía” (p. 233).

Actualmente todo lo que se deriva de la caña de azúcar es aprovechable, la cachaza se puede emplear como alimento animal, como consecuencia de su contenido de

azúcares, proteínas, nitrógeno, entre otras, para que la cachaza pueda ser empleada como alimento de animales, esta se debe de reducir su cantidad de agua en un 75%.

“Otro de los usos que se le puede dar a la cachaza es que se puede combinar con el bagazo y se pueden elaborar composteras, por medio de un proceso de fermentación aeróbica y anaeróbica para lo cual se requiere el empleo de microorganismos celulíticos, el tiempo en que se conforma el abono es de tres meses, el abono obtenido es rico en nitrógeno, fosforo y potasio” (Rivera, 1980, p. 233).

Se estima que, con la incorporación de este tipo de abono en las áreas de cultivo, la producción se mejora en un 20%, por medio del método de extracción del doble solvente se le puede extraer la cera a la cachaza, esta cera se puede emplear para darle brillo a las superficies o para poder recubrir frutas, también se pueden extraer las grasas y los aceites a los cuales se les puede dar un uso energético.

Debido a su alto contenido nutricional también se puede emplear como alimento de animales, para lo cual se debe de colocar a secar.

#### e. Vinaza

Se puede emplear como un fertilizante con lo que se convirtió en un valor agregado en la fabricación de azúcar. Se han logrado obtener buenos resultados en fincas productoras en donde se ha aplicado después del primer corte, como consecuencia se ha elevado la productividad y el desarrollo sostenible de las socas.

Por aparte debido a su alto contenido de potasio, se puede enumerar al nitrógeno y al calcio, así como otros elementos que se emplean durante el ciclo productivo de la caña de azúcar, de esta forma se han reemplazado a los fertilizantes químicos,

además que se ha permitido la recuperación de suelos que son salinos o sódicos (Santiago, 2016, p. 25).

Según (Santiago, 2016) “la vinaza también posee elementos pesados como el hierro, el cobre, el manganeso y el zinc, estos al ser incorporados en grandes cantidades en los suelos pueden ser contaminación del suelo y como consecuencia del agua también (p. 25). la vinaza se combina con la fertilización química, la cual ha llegado a sustituir al potasio y sirve como abono orgánico para los cultivos de frijol, ejote, maíz y plátano o banano.

La vinaza se usa como fertilizante, dándole un valor agregado a este subproducto, las aplicaciones de vinaza han llegado a incrementar las producciones, la vinaza es rica en potasio y en otros nutrientes, al ser suministrada como fertilizante ha desplazado a la fertilización química.

Ha dado muy buen resultado en la recuperación de suelos salinos y de suelos sódicos, la vinaza no se puede aplicar en grandes proporciones debido a que posee metales pesados puede llegar a contaminar los suelos y el agua.

“Recientemente la vinaza se combina con otros fertilizantes y se emplea en vez del potasio en las labores de fertilización del cultivo de la caña de azúcar, no hay una dosis establecida por lo que estas pueden variar y se elaboran según la necesidad del suelo, la variedad de caña, así como la concentración de vinaza que se posea” (Santiago, 2016, p. 26).

#### f. Extracción del azúcar en el ingenio

Después de que la caña es cortada en el campo, esta se traslada al ingenio por medio de las jaulas que son jaladas por los cabezales.

“Uno de los primeros procesos que se realiza en la fábrica es el del prelavado por medio del cual se elimina el polvo, seguido se descarga hacia las mesas alimentadoras, mediante una grúa hidráulica, en las mesas se realiza un proceso de lavado, en el cual se elimina la mayor cantidad de tierra, lodo. también se determina la cantidad de caña que va al proceso de molienda luego de clarificación del jugo y la melaza y la elaboración de la cristalización del azúcar se almacena en sacos o se envía a los silos para almacenarla” (Oliva, 2004, p. 13).

Al finalizar el corte en el campo la caña es trasladada al ingenio a través de jaulas, cuando estas llegan a la fábrica lo primero que se realiza es el prelavado con la finalidad de eliminar el polvo, seguido se descarga hacia las mesas alimentadoras a través de una grúa hidráulica en donde se realiza el lavado, mediante el cual se elimina la mayor cantidad de tierra y lodo también se estima la cantidad de caña que inicia el proceso en fabrica.

“Media vez la caña ingresa a las fajas conductoras, esta es desfibrada por medio de las picadoras de caña, con lo cual se facilita la extracción del jugo en los molinos, en los cuales se separa la fibra leñosa o bagazo del jugo de caña, el jugo que se obtiene en los molinos tiende a ser acido, este presenta turbidez y una coloración verde oscuro el bagazo que sale del último molino se emplea como combustible en las calderas” (Oliva, 2004, p. 13).

Cuando la caña pasa a través de las fajas conductoras esta tiende a ser desfibrada a su paso por las picadoras de caña, esto ayuda a la extracción de jugos en los molinos en donde se separa el bagazo de la caña, el jugo que se capta en los molinos es acido, turbio y de coloración verde.

El bagazo tiende a salir del último molino, este se emplea como combustible para las calderas y la producción de energía que se le vende al estado de Guatemala.

“El jugo que se genera en los molinos se traslada al tanque de alcalinización, cuando el jugo se alcaliniza, se traslada mediante bombeo a los calentadores, en donde su temperatura se incrementa cerca del punto de ebullición y después de pasa a los clarificadores continuos, seguido se cristaliza” (Oliva, 2004, p. 13).

El jugo que se obtiene en los molinos es llevado al tanque de alcalinización, con la finalidad de que este se alcalinice, el jugo se conduce por medio de bombeo hacia los calentadores, en donde su temperatura se eleva cerca del punto de ebullición, seguido se traslada a los clarificadores continuos para ser cristalizada.

“El proceso de cristalización también es conocido como el cocimiento de la sacarosa, la cual contiene el jarabe, el cual se realiza en los tachos que son unos evaporadores al vacío, en este cocimiento, depende de la pureza, se puede generar un azúcar crudo el cual se puede exportar o se puede emplear en la fabricación de alimentos balanceados de animales, el azúcar blanco se emplea para el consumo directo, también está el azúcar para la refinación” (Oliva, 2004, p. 13).

Al cocimiento de la sacarosa también se le conoce como cristalización, la cual posee el jarabe, este se obtiene en los tachos, los cuales son evaporadores al vacío depende de la pureza del cocimiento se puede obtener un azúcar crudo la cual se exporta o puede se puede emplear para la fabricación de alimento de animales.

Cuando la azúcar es blanca se puede consumir de forma directa, esta azúcar también se puede refinar a diferencia de la azúcar morena, aunque para algunos es la mejor.

“El azúcar ya refinado pasa por un proceso de lavado con condensado de vapor, se seca con aire caliente, se clasifica de acuerdo al tamaño del cristal, seguido se almacena en silos para su empaque, el azúcar crudo que es exportable sale de forma directa de las centrifugas hacia los silos de almacenamiento” (Oliva, 2004, p. 13).

Cuando se obtiene el azúcar ya refinado, esta se pasa por un lavado por medio de un condensado de vapor, se seca por medio de aire caliente, esta se clasifica según el tamaño del cristal, para ser almacenada en silos para su posterior empaque, el azúcar crudo de exportación sale directo de las centrifugas a los silos para su almacén.

“Después de los silos de almacenamiento, el azúcar se carga a granel para ser transportada al puerto de embarque, el azúcar también se puede empacar en sacos de 50 kg, la cual se emplea en la fabricación de alimentos balanceados de animales. el azúcar blanco se empaqueta en presentaciones de 400, 460, y 2,300 gramos, así también en presentación de 25 lbs y de 50 kg” (Oliva, 2004, p. 14).

## **II.6. Procesos de clarificación**

“La caña de azúcar se coloca para la molienda por medio de unas cuchillas giratorias, las cuales se encargan de seccionar el tallo en partes pequeñas, el molino está formado por varias unidades que se emplean en la combinación de tres rodillos por medio de los cuales transita la caña exprimida o mejor dicho el bagazo” (Fernández, 2003, p. 10).

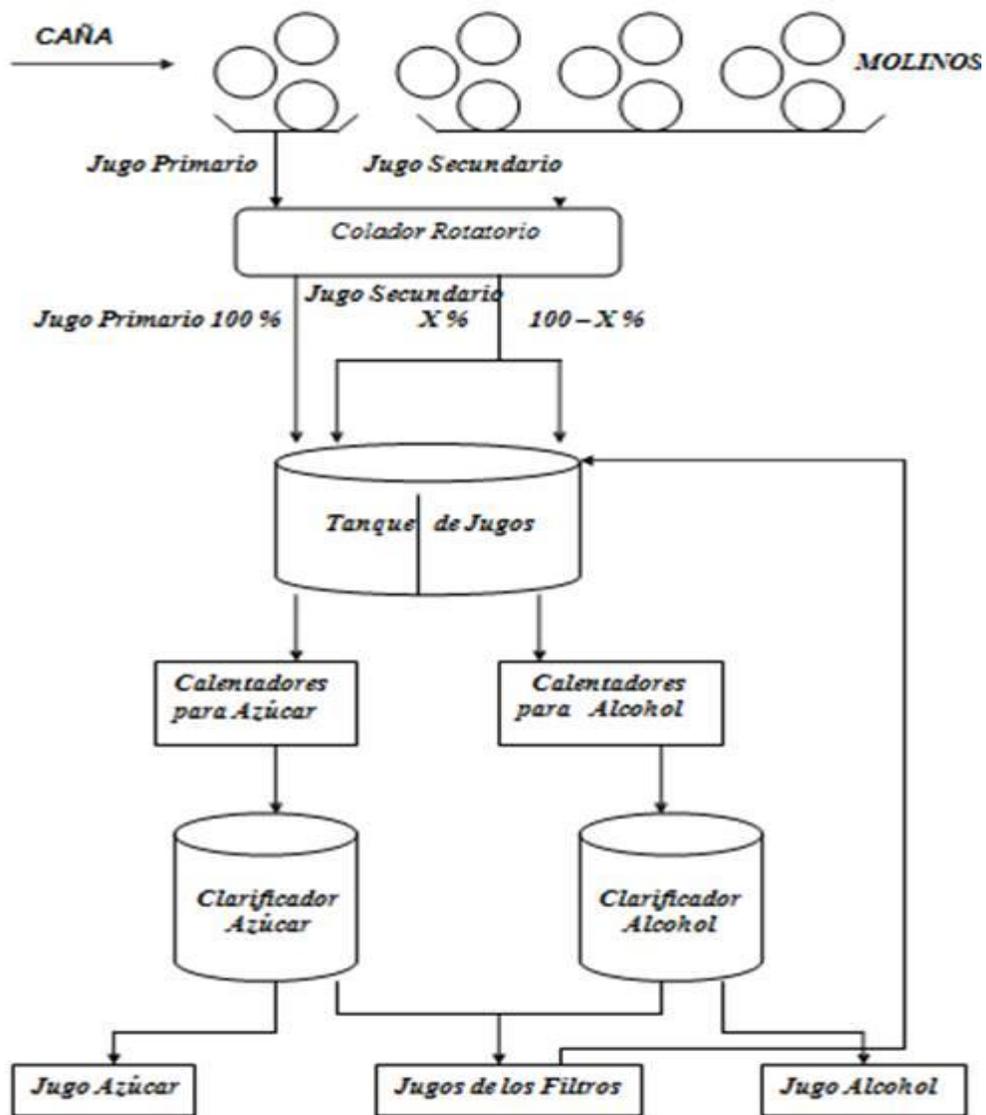
Según (Fernández, 2003) “para poder extraer el guarapo se realizan aspersiones de agua o puede ser guarapo diluido por encima de la capa de bagazo, para poder extraer la mayor cantidad de guarapo posible el bagazo está constituido de fibra y posee alrededor de un 55% de agua, el cual es empleado como combustible directamente colocado en las calderas, el ingenio se considera que es eficiente cuando este genera más de un 20% de bagazo, de sus requerimientos energéticos” (p. 10).

En el primer proceso industrial se obtienen dos productos, el bagazo y el guarapo que es el jugo de la caña es cuál es la materia prima del azúcar, una de las características del bagazo son sus contenidos de fibra.

De tal forma que la utilización de bagazo al ser empleado como combustible en las calderas, cuando se genera un 20% más de bagazo de los requerimientos energéticos del ingenio, se dice que este es eficiente y que se está produciendo de acuerdo a lo planificado.

**Figura 6**

Obtención de jugos de caña



Fuente: Fernández, 2003.

Según (Fernández, 2003) “la cantidad de cal que se adiciona es de una libra o medio kilogramo por tonelada de caña, con lo cual se neutraliza la acidez que presenta el guarapo, el guarapo ya alcalinizado se somete a temperatura hasta que llegue al punto de ebullición, se debe de dar una coagulación de las grasas, ceras y gomas en la parte superior tendiéndose a formar un precipitado en el cual se van a concentrar todas las partículas que se encuentran en suspensión, así como también todas aquellas partículas que son demasiado finas” (p. 10).

Los lodos se retraen del jugo que esta clarificado mediante el proceso de sedimentación, estos pasan un filtrado mediante la succión de unos tambores rotativos del proceso de filtración este lodo es el segundo subproducto que se obtiene en el proceso industrial al que se le denomina cachaza, la cual es apartada del proceso. (Fernández, 2003, p. 11).

Dentro de los subproductos que se pueden obtener de la cachaza esta la obtención de ceras, aditivos para la alimentación de animales, fertilizante orgánico, para la elaboración de vermicompost y la elaboración de compost en sí que sirve para cultivos secos como maíz maní entre otros.

Una de las características del guarapo es que este es ácido y presenta cierta turbidez, dentro del proceso de la clarificación de las mieles se emplea la cal, la cual se emplea para neutralizar la acidez del guarapo el subproducto que se obtiene de este proceso es la cachaza, la cual se aparta del proceso para elaborar alcohol o bebidas embriagantes (Fernández, 2003, p. 11).

Según (Fernández, 2003) “El jugo clarificado se estima que está compuesto por un 85% de agua, dos terceras partes del agua se tienden a evaporar mediante el empleo de unas vaporeras al vacío, estas son unos cuerpos que se encuentran posicionados en serie, en la medida en que se avanza los cuerpos (p.11).

Según (Fernández, 2003) “estos tienden a presentar un grado más alto de vacío, por lo que el jugo tiende a llegar al punto de ebullición a una temperatura inferior cuando el jugo sale del último evaporador se le denomina meladura, el cual está compuesto de un 65% de sólidos y de un 35% de agua el jugo clarificado está conformado por un 85% de agua, por lo que se somete a evaporación al salir de este proceso al jugo que se obtiene se le denomina meladura, el cual posee un 65% de compuestos sólidos y un 35% de agua. (p.12).

Después de pasar por los evaporadores la meladura continua su paso por medio de los tachos, donde esta se cose para dar lugar a la formación de los cristales de sacarosa, esta media vez estén formados se mantienen a temperaturas por debajo de los 70° C.

“La formación de los cristales es continua hasta que se alcanza a llenar el tacho, al conjunto de los cristales y a la meladura que se encuentra sin cristalizar en el interior del tacho se conocen con el nombre de templa (lo que está contenido en el interior del tacho), esto se chispa a través de las válvulas del mezclador” (Fernández, 2003, p. 12).

Según (Fernández, 2003) “el mezclador o el proceso de cristalización es donde la masa cocida, seguidamente después de que es descargada del tacho, se moviliza despacio en el cristizador hasta que pierde su temperatura, seguidamente se calienta para poder efectuar una buena purga a través de las centrifugas, la pérdida de temperatura tiende a disminuir la solubilidad de la sacarosa y esta se coloca sobre los cristales formados” (p. 12).

La meladura pasa por los tachos para darle lugar a la formación de los cristales de sacarosa, a los cristales y a la meladura que se encuentra adentro del tacho se le denomina templa, esto pasa por el mezclador para la cristalización en las centrifugas.

La masa cocida que sale del mezclador se traslada a unas máquinas giratorias denominadas centrifugas, la cual está compuesta de unos tambores cilíndricos que están suspendidos a través de un eje que posee paredes laterales con agujeros, que en su interior poseen una tela metálica, estas poseen de 400 a 600 agujeros por pulgada cuadrada.

“El tambor puede girar a una velocidad de unas 1,000 a 1,800 rpm. Este revestimiento con los agujeros tiende a retener a los cristales de azúcar, los cuales se pueden lavar con agua si es requerido” (Fernández, 2003, p. 13).

Según (Fernández, 2003) “La melaza transita por medio de este revestimiento como consecuencia de la velocidad que ejerce la centrifuga la cual puede ser de 500 a 1,800 veces lo que es la fuerza gravitacional, el azúcar transita a la secadora para su posterior empaque”. (p.13)

Entre tanto a la melaza también se le denomina magma que tiende a ser un material denso y viscoso el cual contiene sacarosa, azúcares reductores, componentes orgánicos que no poseen azúcares y agua, el cual es el tercer subproducto de la producción de azúcar, la melaza es la materia prima para elaborar alimento de ganado, fabricación de alcohol industrial, producción de levadura, elaboración de jarabes y proteína unicelular.

Simultáneamente a la producción de azúcar, se emplea el bagazo de la caña como combustible, el cual genera como subproducto las cenizas que se pueden extraer de los hornos, el azúcar que no es cristalizable se le denomina melaza que es otro subproducto que se obtiene en el proceso de fabricación del azúcar.

La melaza se puede emplear para alimento de ganado y es la materia prima para la elaboración de alcoholes, levaduras, jarabes, entre otras.

“La vinaza es uno de los principales subproductos que se obtiene de la producción de bioetanol y se llega a generar en una relación de ocho a 15 litros por cada litro de alcohol producido, la vinaza tiende a ser un líquido con una coloración marrón oscuro, su aroma tiende a ser fuerte, y el pH se encuentra en una escala de cuatro a cinco (ácido), la vinaza posee altos contenidos de sólidos disueltos” (Fernández, 2003, p. 14).

Según (Ahmed, 2016) “Se estima que el 50% de estos sólidos son compuestos que no se evaporan con facilidad los cuales se originan en el caldo de fermentación, estos compuestos son orgánicos, pero no se pueden fermentar, están presentes compuestos fenólicos, polifenólicos, así como también los azúcares residuales” (p. 7).

Una de las peculiaridades de la vinaza es de que necesita una demanda biológica de oxígeno (DBO) esencial en un rango estimado de 35,000 a 60,000 mg/litro y también requiere de una demanda química de oxígeno (DQO) en un rango estimado de 70,000 a 150,000 mg/litro, la vinaza presenta altos contenidos de sales por lo que presenta una alta conductividad eléctrica, así como también presenta un elevado contenido de cenizas.

“La vinaza es su subproducto que se obtiene en la producción de etanol la vinaza es de color marrón y es ácida, la cual posee varios sólidos disueltos, una de las peculiaridades de la vinaza es que esta requiere de una demanda biológica de oxígeno y una demanda química de oxígeno, también posee alta cantidad de sales, por lo que presenta una alta conductividad eléctrica, las cenizas también se encuentran dentro de la vinaza” (Ahmed, 2016, p. 7).

Según Ahmed, (2016) “se han dado malas prácticas ambientales con respecto a la vinaza, debido a que se han descargado sobre los cuerpos de agua o directamente

sobre el suelo se tiende a provocar un impacto ambiental que deteriora los mantos acuíferos como el suelo” . (p.7)

“En condiciones de humedad la vinaza tiende a disminuir el proceso de fotosíntesis, la concentración de oxígeno disuelto se minimiza, dentro de las condiciones del suelo disminuye la alcalinidad de estos y provoca una inhibición en los procesos de germinación aunado a esto, también no permite de que los ciclos biogeoquímicos de los elementos esenciales se lleguen a completar” (Ahmed, 2016, p. 8).

Por falta de conocimiento no se le ha dado una reutilización a la vinaza, o una transformación de este producto, el cual se ha vertido de forma directa sobre los cuerpos de agua, se causa un efecto adverso al ambiente.

Cuando la vinaza se encuentre en condiciones a alta humedad, tiende a interrumpir el proceso fotosintético, por la cantidad de oxígeno disuelto se disminuye. También ayuda a la recuperación de suelos que son alcalinos, permite que se finalice el ciclo biogeoquímico de varios elementos.

“Dentro de los usos que se le puede dar a la vinaza se tiene el uso energético, dentro de una de las aplicaciones de la vinaza esta que se puede emplear en los suelos agrícolas como fertilizante, se aprovechan las propiedades de la vinaza para lo cual no se requiere de mucha inversión, los costos de mantenimiento tienden a ser mínimos, estos son de una fácil aplicación y la tecnología tiende a ser sencilla (Ahmed, 2016, p. 8).

Según Ahmed (2016) “dentro de los subproductos más empleados de la vinaza se tiene en procesos de fertiirrigación, elaboración de composteras, concentración de proteínas y producción de proteínas unicelulares” (p. 8).

## **II.7. Pérdidas de sacarosa en el proceso de fabricación y refinación del azúcar**

“El jugo procedente de los molinos es ácido y de color verde oscuro, primero se aplica  $\text{SO}_2$  gaseoso, el cual reacciona con los principales colorantes del jugo, después se le neutraliza por medio de una suspensión de cal  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , este proceso forma sales insolubles de calcio, principalmente fosfatos de calcio y además sulfatos insolubles” (Peñalongo, 2004, p. 15).

“Luego el jugo alcalinizado se lleva hasta  $105^\circ \text{C}$ , esto coagula la albumina y algunas grasas, ceras y gomas, con la aplicación de un polímero poli electrolítico se forma un precipitado que atrapa los sólidos en suspensión y las partículas más finas y sale un jugo claro, libre de partículas sólidas en forma cristalina” (Peñalongo, 2004, p. 16).

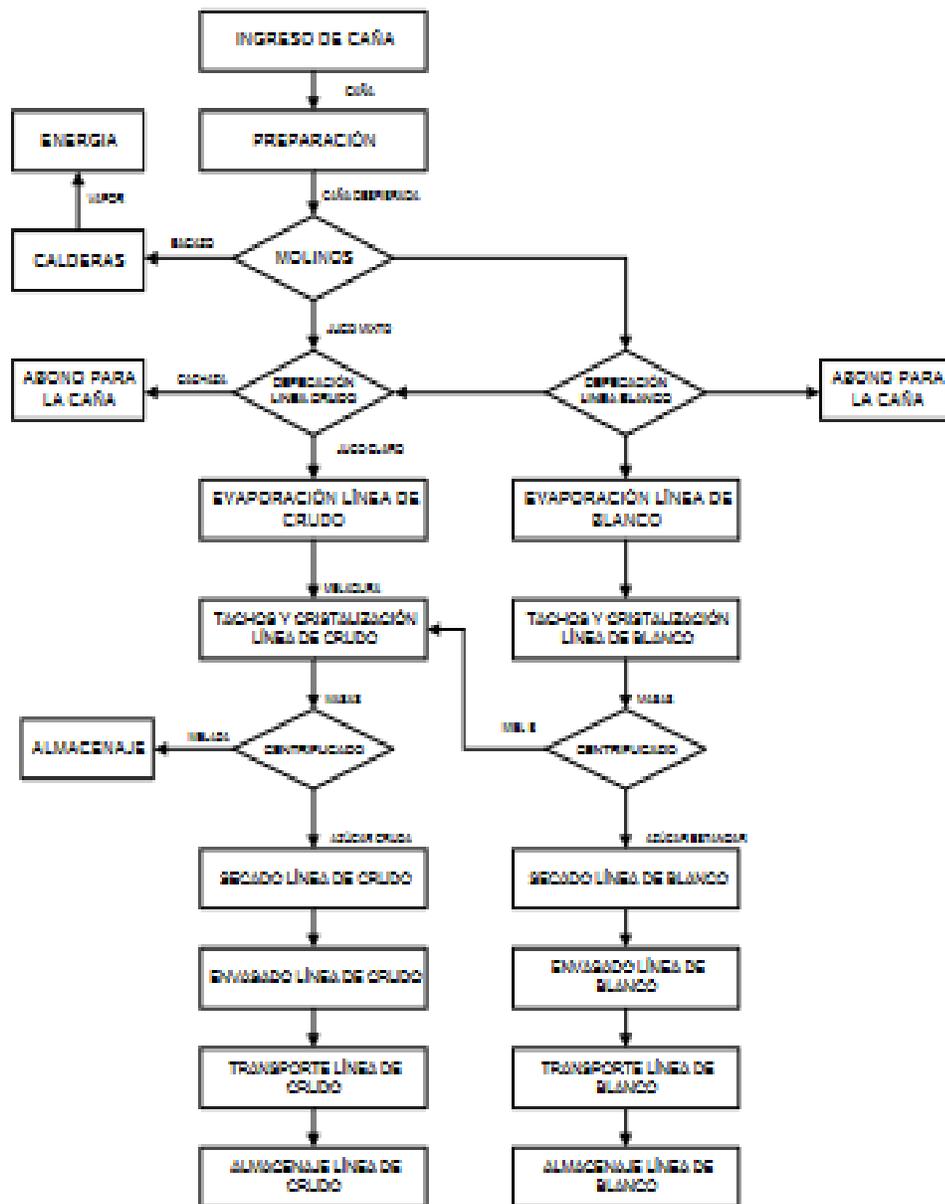
Según (Peñalongo, 2004) “los aparatos que hacen la clarificación son muy variados, pero los de uso tradicional están formados por bandejas cónicas de poca profundidad (tres, cuatro, cinco) colocadas una sobre otra, generalmente con los vértices hacia abajo o hacia arriba, encerradas en un cuerpo cilíndrico, en la entrada del jugo hay una cámara de floculación situada en la parte superior del clarificador, el jugo fluye a través de las bandejas, se depositan las cachazas, las que son empujadas hacia la salida (que puede estar en el centro o en la periferia de las bandejas) por la acción de raspadores giratorios” (p. 17).

Según (Peñalongo, 2004) “el objetivo de este proceso es estabilizar el pH del jugo para hacer mínima la pérdida de sacarosa por inversión y mejorar el proceso de cristalización, otro objetivo es eliminar todo el material insoluble suspendido o acarreado en el jugo (fibra, residuos del suelo, sólidos en suspensión y coloides, principalmente) al jugo, en estos equipos, se le baja su velocidad puntual para permitir la decantación de los flóculos formados para así separar en forma continua el jugo claro y el material extraño se extrae en el fondo del clarificador”. (p. 19)

El tiempo de residencia de estos equipos es variado, puede oscilar entre 0.25 y 3 horas se depende de las condiciones del proceso y del diseño del equipo empleado. Peñalongo, 2004, p. 19).

**Figura 7.**

Transformación de caña de azúcar con doble línea de extracción



Fuente: Peñalongo, 2004.

#### a. Evaporación

El jugo clarificado tiene más o menos la misma composición que el jugo crudo extraído, excepto las impurezas extraídas en la clarificación por el tratamiento de cal, contiene alrededor del 85% de agua dos terceras partes del agua se evapora en evaporadores al vacío de múltiple efecto, normalmente de cuatro a cinco efectos de evaporación.

“La evaporación consiste en una sucesión de cuerpos dispuestos en serie de manera que cada cuerpo subsiguiente tiene un vacío más alto y, por tanto, una temperatura de ebullición más baja el vapor ultimo llega a un condensador” (Peñalonzo, 2004, p. 20).

Según (Peñalonzo, 2004) “el jugo entra y sale del sistema de una forma continua el jarabe que sale del último lleva una concentración aproximada de 60 a 65% de sólidos en peso, el objetivo de este proceso es eliminar la mayor cantidad de agua sin provocar cristalización (alrededor del 75% del material inicial), hace mínima la descomposición de sacarosa por altas temperaturas durante tiempos largos y conseguir la evaporación deseada la cantidad de vapor de calentamiento procedente del escape de las turbinas de los molinos por la combustión del bagazo” (p. 20).

En este proceso se tienen los siguientes productos involucrados: Jugo clarificado, vapor vegetal, (el vapor producido es un vapor como resultado de la ebullición del jugo que se encuentra en el interior); y vapor de escape (vapor de baja presión que se produce por las turbinas de no condensación).

“La operación de un sistema de evaporación química de múltiples efectos es relativamente sencilla, debido a que se fijan las condiciones de flujo de entrada y salida de cada efecto y extracciones de vapores vegetales hacia el exterior entonces se tiene equilibrio del sistema automático en presión, temperatura y consumo de vapor se refiere” (Peñalonzo, 2004, p. 22).

Según (Peñalongo, 2004) “La evaporación se realiza en equipos continuos y secuenciales en los que el vapor y el jugo en cámaras separadas fluyen en el mismo sentido (co-corriente), los factores que son importantes para la buena operación de evaporadores son presión absoluta del último efecto, controlada por la cantidad de agua suministrada al equipo de condensación, concentración de la meladura (debe mantenerse debajo de 70 grados brix para evitar la cristalización); nivel del líquido en el interior de los tubos, que debe mantenerse lo suficientemente bajo para mantener buena velocidad de evaporación y baja presión hidrostática”. (p. 22)

#### b. Cristalización

“La cristalización tiene lugar en tachos al vacío de simple efecto, donde el agua en el jarabe se evapora hasta quedar saturado de azúcar, en este momento se añaden semillas a fin de que sirvan de núcleos para los cristales de azúcar, y se añade más jarabe, según se evapora el agua, el crecimiento de los cristales continúa hasta que se llena el tacho, durante este proceso no se debe permitir la formación de cristales adicionales, de tal manera que cuando el tacho está totalmente lleno todos los cristales tienen el tamaño deseado los cristales y el jarabe forman una masa densa llamada masa cocida” (Peñalongo, 2004, p. 24).

Según (Peñalongo, 2004) “El objetivo de la cristalización es producir cristales de sacarosa en condiciones óptimas para separación posterior, agotar al máximo el contenido de sacarosa del producto residual del proceso, melaza o miel final, operar toda la evaporación con el tipo y cantidad de vapor disponible y evitar hasta donde sea posible, la descomposición térmica de sacarosa” (p. 24).

En el proceso están involucrados los siguientes productos: masa cocida, es una mezcla de grano cristalizado y su miel madre (la miel donde se originaron y donde recibieron los cristales); miel, que es un producto intermedio sin grano presente, al que se le ha

extraído por lo menos una fracción de la sacarosa que se encontraba presente; miel virgen, es un producto sin grano presente, al que no debe haber extraído la sacarosa.

“Actualmente para la elaboración de azúcar crudo un sistema de tres masas, la cual produce masas (C) que se purgan y producen miel final para la venta y magma de (C) sirve de semilla para producir masas de (B) que se alimentan con la miel A proveniente de la purga de las centrifugas de masa (A)” (Peñalongo, 2004, p. 26).

“Las masas B se purgan para genera miel (B) y magma de (B), sirve de semilla para las masas de a, las cuales se purgan y producen azúcar para la venta y miel (A) la cual se reprocesa” (Peñalongo, 2004, p. 26).

Según (Peñalongo, 2004) “para la elaboración de la azúcar blanca de 150 de color unidades icumsa aproximadamente, se utiliza un procedimiento de dos masas, iniciándose con la cristalización con la miel (A) de blanco y semilla, esto genera la masa (B) de blanco que al purgarse nos da la miel (B) de blanco y el magma (B) de blanco, la masa a de blanco se desarrolla y se utiliza magma de (B) blanco con meladura de 65 brix y 88.9 de pureza, de la purga de dicha masa de producción se obtienen productos que son azúcar como producto terminado y miel a que se servirá para levantar masas cristalizadas” (p. 26).

#### c. Centrifugación o purga

“La masa cocida proviene del cristalizador se carga a maquinas giratorias de alta velocidad conocidas como centrifugas es un tambor cilíndrico suspendido de un eje el tambor tiene paredes laterales perforadas forradas en el interior con un juego de telas metálica y mallas de 5 a 8 metros respectivamente el revestimiento perforado retiene los cristales de azúcar lavada, la miel pasa a través de las telas debido a la fuerza centrífuga, actualmente existen centrifugas para purgar masas de azúcar crudo y azúcar blanca al mismo tiempo” (Peñalongo, 2004, p. 28).

Según (Peñalonzo, 2004) “el objetivo de esta etapa del proceso es separar completamente la miel madre y los cristales presentes en las masas, mantener hasta donde sea posible el tamaño y características de los cristales que se encuentren presentes y efectuar la separación azúcar miel en el menor tiempo posible, con el menor uso de energía y agua” (p.28).

“Los productos involucrados son lavado, que es una mezcla homogénea sin grano de tres componentes básicos: el agua utilizada para lavar el grano dentro de la centrifuga, residuos de la miel madre que ha envuelto a los cristales y disolución parcial del azúcar presente” (Peñalonzo, 2004, p. 30).

“Para purgar masa de tercera existe una centrifuga Western States CC6 y tres centrifugas BMA K-850, para purgar las masas de segunda de crudo existen cinco centrifugas BMA 850, una centrifuga Western States CC5 y una centrifuga Western States CC6” (Peñalonzo, 2004, p. 30).

## **II.8. Métodos para determinar pérdidas por inversión de sacarosa**

“El análisis se realizó en el ingenio Trinidad, productor de azúcar crudo, el análisis se realizó durante 9 días, la masa cocida de dos tachos cuyos volúmenes de operación son tacho No. 1 22.65 m<sup>3</sup> y Tacho No. 2 28.32 m<sup>3</sup>” (Cutz, 2004, p. 29).

“La masa cocida de estos dos tachos se depositó en dos recibidores tipo (u) de 22.65 m<sup>3</sup> cada uno, los cuales descargaron a un mezclador de 28.32 m<sup>3</sup> ubicado sobre la batería de 6 centrifugas y que alimento la carga a la centrifuga de prueba. (Cutz, 2004, p. 29 )

“Se tomo una muestra de la masa cocida de cada tacho descargado y en el laboratorio se hicieron los análisis y la determinación del brix y pol de cada muestra. Con estos datos se calculó la pureza de la masa” (Cutz, 2004, p. 30).

Según (Cutz, 2004) “con la batería de 6 centrifugas se independizo la descarga de una centrifuga marca Western States 1.22 m x 0.76m – 1200 rpm, accionada por un motor eléctrico de 56,000 w. la masa cocida se cargó en la canasta, por medio de una compuerta que se acciona neumáticamente, cuando la carga se completa empieza a girar y debido a la fuerza centrífuga del movimiento la capa de masa se pega a la pared de la canasta, la cual está equipada con un set de telas de diferentes diámetros de perforación, cuya función es retener el grano de azúcar y dejar pasar a través de las perforaciones la miel” (p. 30).

Cuando la canasta se gira, se le adiciona a la capa de masa el agua de lavado, al concluir el tiempo total del ciclo de operación de la centrifuga, automáticamente el azúcar se descarga en un gusano sin fin.

“En uno de los extremos de este gusano, se instala un cono que se utiliza para descargar el azúcar a los sacos de polipropileno de 50 Kg., los cuales se pesan uno por uno en una báscula de plataforma marca toledo con capacidad de 150 Kg, para cada tiempo de lavado se determina el peso de la azúcar descargada. (Cutz, 2004, p. 31).

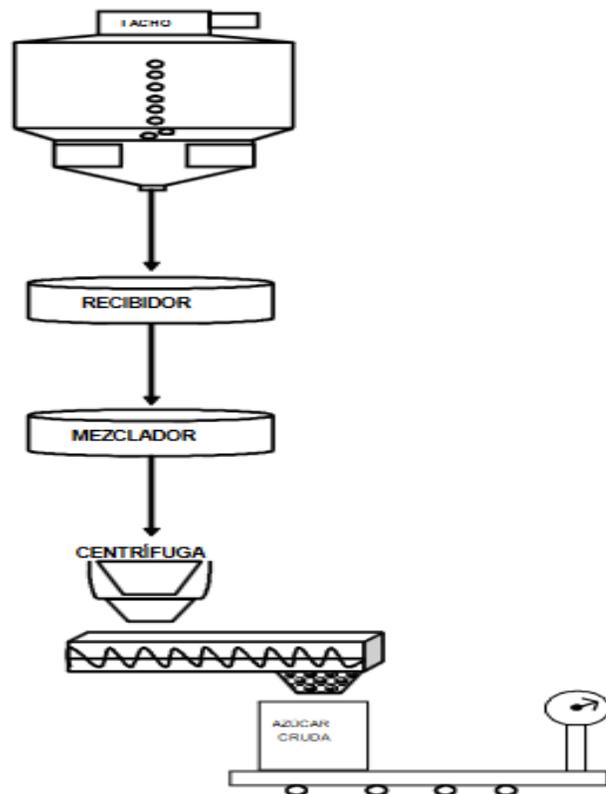
De acuerdo con Cutz, (2004) “el agua que se emplea para lavar el azúcar, es agua condensa proveniente de la condensación de los vapores del tercer y cuarto efecto del sistema de evaporación del jugo el agua se recolecta en un tanque con una capacidad de 1 m<sup>3</sup>”. (p.32)

“La temperatura del agua es de 338.71-344.26 K, el agua se lleva a la centrifuga, se utiliza una bomba tipo centrifuga de 0.019 m<sup>3</sup>/s y una presión de descarga de 4,7888 para, el agua se aplicó a la capa de azúcar en un ramillete de 7 boquillas de bronce, tienen un orificio de 0.00158 m diámetro y una capacidad de 0.00028 m<sup>3</sup>/s (Cutz, 2004, p. 32).

Según (Cutz, 2004) “el flujo de agua a la centrifuga se controla y se utiliza una electroválvula del tipo solenoide de 0.0254 m de diámetro, la cual se controla por medio de un temporalizador digital, cuya escala es de 0 a 60 segundos, con una variación de 0.5 segundos, el lavado se hizo en dos partes, se deja entre cada lavado un tiempo de 10 segundos, necesario para que la miel que recubre el grano de azúcar purgue, para cada tipo de lavado se toma una muestra de miel y en el laboratorio se hicieron los respectivos análisis y determinaciones de los valores de: Brix y pol, con los cuales se calcula la pureza de la miel” (p. 33).

**Figura 8**

Diagrama de flujo de las pruebas



Fuente: Cutz, 2004.

## **II.9. Plan de mejora continua**

“La mejora continua se trata de un enfoque para poder mejorar los procesos operativos que se basa en la necesidad que se tiene de revisar de manera continua las operaciones de los problemas, reducción de costos de oportunidades y otros factores que de manera conjunta permitan la optimización” (Jacobs, 2000, p.13).

“La definición o concepto de mejora continua analiza los procesos que se desarrollan, con el impacto que se tienen dónde se logra producir desviaciones, para lograr entregar un diagnóstico sobre el desempeño de los modelos de gestiones de los mismos procesos, asociado a eso poder proponer estrategias que mejoren a las gestiones y corrijan las desviaciones” (Jacobs, 2000, p.13).

Sin embargo, para poder medir la productividad primero hay que analizar el estado actual y como mejorar el proceso al cual nos vamos a enfocar. A través de esto aparece el concepto de mejora continua, la cual sirve como paso fundamental para el análisis del proceso productivo y a su vez la mejora continua que puede tener el proceso para elevar su productividad y eficiencia.

“La mejora continua tiene sus raíces desde la revolución industrial y ha evolucionado este concepto hasta llegar a los principios del siglo XX Taylor tenía idea que la administración era la responsable de encontrar la mejor manera de desempeñar el trabajo y capacitar a los empleados en los métodos de trabajo, hacen énfasis sólo en la productividad, lo que ayudó a revolucionar la manufactura que convirtió a los Estados Unidos en ser líder industrial” (Evans y Lindsay, 2008, p.9).

“La mejora continua actualmente se puede definir como todas aquellas actividades recurrentes, para elevar la capacidad de satisfacer los requerimientos, como lo mencionan que es para alcanzar la eficiencia y eficacia de los procesos productivos de las empresas” (Cianfrani y West, 2004, p.9).

Esto se refiere a que todas las actividades que se hacen comúnmente dentro del proceso productivo, pueden aumentar la productividad y/o eficiencia, entregan las herramientas adecuadas para que el proceso mejore.

La metodología de la mejora continua y cómo las empresas pueden implementar esta visión se presenta en el siguiente punto.

La mejora continua dentro de cualquier empresa logra evitar el estancamiento operacional y organizacional que logran mantener por tiempos distintos la producción con niveles de control y fuentes de información.

a. Definición de mejora continua

“La mejora continua puede definirse como una filosofía, es decir un ideal, que se enfoca en un compromiso por mejorar un proceso, producto y organización; lo cual es totalmente constante sin final en el que se consiguen resultados a lo largo de este” (Jacobs, 2000, p.13).

“Esta filosofía hace referencia a la búsqueda constante de un mejoramiento por medio de aplicar sugerencias e ideas que han sido aportadas por parte de los miembros de un equipo de trabajo que poseen dicha tarea” (Jacobs, 2000, p.13).

La mejora continua busca el óptimo desempeño constante, el cual se obtiene por medio de la aplicación de métodos y estrategias que busquen mejorar las actividades.

Según Cisneros, (2012) “Además, dicho proceso de mejora continua tiene el objetivo de buscar que la persona que esté a cargo de una empresa llegue a ser un excelente líder dentro de su organización, el empresario debe asegurarse por que todos los miembros de la empresa estén involucrados en los procesos de la cadena productiva” (p. 24).

Para poder llevar el control de la calidad, es necesario que se mantenga un proceso constante, el cual es llamado mejora continua que sirve para que los procesos de operación sean más eficientes.

“La perfección es el objetivo que se busca constantemente, es claro que el capital humano no posee la habilidad de llegar a tal extremo, pero sí de buscar obtenerlo a toda costa” (Cisneros, 2012, p. 24).

Implementar la mejora continua no sólo hace que los sistemas sean más rápidos, sino que también, sean de mejor calidad, es importante destacar el uso de la tecnología en los procesos de mejora continua.

La adquisición de mejores softwares de gestión, la contratación de personas bien calificadas, la capacitación constante en estos nuevos sistemas y la actualización de nuevos enfoques de mejora continua son actividades que aportan a empresas que aprovechan mejor sus recursos y entregan servicios de excelencia.

La mejora continua hace referencia a algo que está en un constante proceso de cambio, de desarrollo y con las posibilidades de poder mejorar, es un ciclo que no se interrumpe, por medio del cual se puede identificar aspectos a mejorar.

“Se planean las maneras de cómo realizar mejoras, se verifican los resultados y se actúa conforme a estos mismos, para poder corregir las desviaciones o para al mismo tiempo proponer nuevas metas” (Cisneros, 2012, p. 24).

La mejora continua también puede definirse como el cambio de algo con el objetivo de que se vuelva más efectivo, adaptable y eficiente en caso de la producción de azúcar los procesos deben de estar actualizados y mejorados para que los ingenios cumplan con las metas de producción propuestas durante la zafra.

“Es decir, en este proceso se establece que es lo que se debe cambiar y como se debe hacer, cuando y en donde todo eso depende del objetivo que los encargados de la empresa posean” (Harrington, 1993, p.21).

“La mejora continua tiene una relación con el termino japonés kaizen, dicha palabra implica una mejora en la cual estén involucradas todas las personas y genera un gasto que no es de gran valor” (Masaaki, 1993, p.12).

Según Cisneros (2012) “la mejora continua se enfoca en realizar el proceso de la manera más lógica posible, lo cual también no debe implicar un gran costo, todo esto debe garantizar el progreso continuo que compense los recursos invertidos a largo plazo” (p. 24).

En una empresa cualquiera que sea, la mejora continua se define como una manera de buscar oportunidades para lograr mejorar los procesos en las organizaciones, establecer objetivos claros y precisos con el fin de optimizar procesos, la manera de trabajar y aprovechar los recursos que tienen a su propio alcance.

En la mejora continua se deben de identificar los procesos, estudiarlos, y buscar la manera de poder optimizarlos, se necesita una metodología o procesos que puedan ayudar a llevar a cabo el fin primordial de dichas empresas, todo esto para lograr contar con una mejor gestión empresarial.

En toda organización se tienen que tomar en cuenta los procesos que se quieren llegar a mejorar, con que fines y que recursos se usarán para poder lograrlo.

Según Masaaki (1993) Todos los procesos deben de ser medidos en prioridades para las empresas o instituciones, con el fin de lograr o poner prioridad a lo que traiga mejores resultados” (p.13).

b. Metodología de la mejora continúa

“La mejora continua es actualmente la principal estrategia en que basan su funcionamiento las empresas de clase mundial. Las primeras fueron como Motorola, General Electric, y Allied Signal. En la actualidad cualquier empresa competitiva a nivel mundial incluye una de las metodologías básicas de la mejora continua” (López, 2007).

Por otro lado, la Asociación española para la calidad (2007), “se refiere mejora continua como todos los procesos tienen problema y pueden mejorar, en consecuencia, este estilo de gestión se preocupa de los resultados, pero también de los procesos”

**Figura 9.**

Ciclo de mejora continua



Fuente: asesor de calidad, 2020.

“Las ventajas de esta técnica, al basar su esfuerzo en ámbitos organizativos y de procedimientos puntuales, radican en que se consiguen mejoras y resultados visibles en un corto plazo e incrementa la productividad, la cual se define como la relación de bienes o servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados” (Jiménez, 2009).

### c. Necesidad de la mejora continua

Según Cisneros (2012) “Actualmente existen mercados con un alto grado de competencia, ya que ha habido casos en los cuales se han caído las barreras aduaneras y han surgido bloques fuertes de comercio libre, por esta y más razones es completamente necesario restablecer los estándares ya establecidos” ( p. 25).

“Es totalmente necesario que se realicen revisiones y críticas de manera constante, con el objetivo de que las empresas tengan la capacidad de tener una mejora continua todo el tiempo” (Cisneros, 2012, p. 25).

Si una empresa desea avanzar en el mercado, es necesario que constantemente implemente mejoras en sus procesos y que las mejoras nunca terminen, ya que solo de esta manera pueden seguir en un alto grado de competitividad en el mercado.

## **II.10. Eficiencia**

### a. La calidad de la materia prima

“La calidad de la materia prima se reconoce al término de su procesamiento industrial por la cantidad de azúcar que se recupere por tonelada de caña molida (rendimiento fabril), una materia prima de óptima calidad será aquella que se caracteriza por un alto contenido de sacarosa, un bajo contenido de sustancias solubles no-sacarosa y por un nivel adecuado de fibra, aseguran un máximo rendimiento fabril y la mejor calidad de la azúcar obtenida, resultan en una mejor eficiencia y rentabilidad, tanto de la fábrica como del productor cañero” (Benítez y Guagalango, 2011, p. 18).

Según (Benítez y Guagalango) “la calidad de la materia prima constituye la base del proceso industrial, al determinar la máxima cantidad de azúcar que la fábrica puede recuperar, según la eficiencia fabril de cada ingenio asegurará recuperar la mayor cantidad de la azúcar formada en el campo” (p. 18).

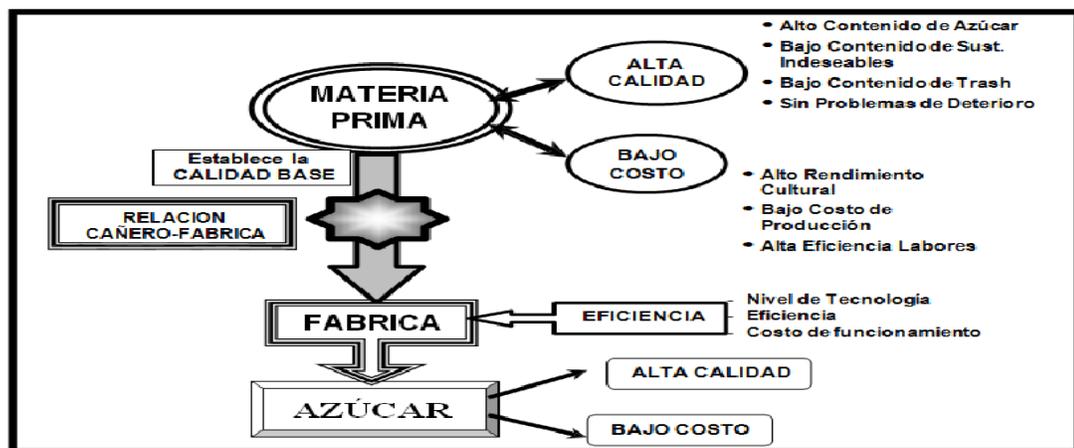
El conocimiento de los múltiples factores que inciden en la calidad de la materia prima, posibilitara instrumentar manejos y sistemas de control en la producción, cosecha, transporte y en la etapa industrial, que permitan mejorar las condiciones de fabricación y de calidad del producto.

“La transferencia, racionalidad y coordinación efectiva de la relación cañero-fabrica juega un papel fundamental en la mejora del proceso global. Además, se debe destaca que la incorporación de mejoras en el sector agrícola e industrial beneficia a toda la actividad, como también a sus distintos partícipes” (Benítez y Guagalango, 2011, p. 18).

Según (Benítez y Guagalango, 2011) “lo expuesto enfatiza el hecho de que el procesamiento de la caña de azúcar empieza realmente en el campo, la variedad de caña, el suelo en el cual se cultiva, las prácticas de manejo (riego, fertilización, control de malezas, etc.), la madurez del cañaveral al momento de la cosecha y la eficiencia de esta última, determinan la calidad del material producido” (p. 18).

**Figura 10**

Exigencias en la calidad de la materia prima



Fuente: Benítez y Guagalango, 2011, p. 18.

Las cañas molidas con tres días de atraso pueden perder hasta media arroba de azúcar por cada 100 arrobas de caña (5 kg de azúcar por cada Ton. de caña), la fibra de la caña varia de (10-15) %, la pol en la caña varía de (12-16) %, la cantidad de azúcar de caña es de (12-14) % del peso de la caña molida.

#### b. Molienda

“El proceso de molienda tiene la finalidad de extraer el jugo a la caña de azúcar mediante un tándem de molinos que, para el caso del ingenio, consiste en cuatro molinos, del primer molino se obtiene jugo mezclado, el cual es trasladado a fábrica (departamento de elaboración) para continuar con el proceso de depuración y clarificación; de los molinos restantes, el jugo es utilizado para la maceración, la fibra resultante del último molino se le da el nombre de bagazo” (Benítez y Guagalango, 2011, p. 21).

Según (Benítez & Guagalango, 2011). “la caña preparada primeramente se transporta al primer molino para dar inicio al proceso de extracción de jugo; posteriormente se traslada a un conductor intermedio en el que se aplica jugo de caña proveniente del tercer molino, a este proceso se le llama maceración, y tiene por objeto diluir el azúcar que contiene la caña” (p. 21).

“La caña que sale del primer molino entra al segundo molino, en el que vuelve a ser sometida a compresión para extraer el jugo, posteriormente se manda a otro conductor intermedio donde nuevamente se le plica el proceso de maceración para proseguir con su ingreso al tercer molino y continuar la extracción (Benítez y Guagalango, 2011, p. 21).

La caña del tercer molino se transporta mediante un conductor intermedio al cuarto molino, donde antes de su ingreso se le agrega agua caliente con el mismo fin de la

maceración, al proceso anterior se le conoce como imbibición y es realizado normalmente en él y último molino.

c. Maceración (imbibición)

“La maceración es el proceso por medio del cual el bagazo se remoja en un exceso de agua o de jugo, generalmente a temperatura elevada, es decir maceración verdadera o maceración en baño, tal como se hace en Australia y en la isla de Fiji. define imbibición como el proceso en el cual se aplica agua o jugo al bagazo para diluir y mezclarse con el guarapo que contiene este último el agua así utilizada se llama agua de imbibición” (Benítez y Guagalango, 2011, p. 22).

d. Tipos de imbibición

Dentro del proceso de imbibición existen tres tipos los cuales son:

- 1) Simple, en la cual solo se aplica agua, esto se ve con escasa frecuencia.
- 2) Doble, hoy en día prácticamente anacrónica, donde se aplica agua en el último, o en los dos últimos molinos y en el jugo pobre combinado de los últimos dos molinos se aplica en molinos anteriores del tándem.

“Compuesta, aplicable en tándem de cuatro molinos o más, en la cual se aplica agua al bagazo que va al último molino, el guarapo extraído por el ultimo molino se aplica al bagazo que entra al penúltimo, el jugo que extrae el penúltimo se aplica al bagazo que va hacia el ante penúltimo, así sucesivamente” (Benítez y Guagalango, 2011, p. 22).

El porcentaje de agua de imbibición que se aplica varía según el país, la capacidad de los molinos, las características de la caña (sobre todo su contenido de fibra) y los costos relativos del azúcar y del combustible.

## **II.11. Seguridad industrial**

### **a. Prevención de accidentes**

“La seguridad en el trabajo se realiza bajo la acción de tres ejes, para que esta sea eficiente, en la prevención se eliminan o se disminuyen los riesgos, formación en seguridad y la información de esta, la seguridad laboral se basa en tres principios para que esta pueda funcionar adecuadamente, por medio de la prevención se tienden a minimizar los riesgos, se debe de capacitar al personal en seguridad, y se debe de socializar la información de seguridad” (Pérez, 2013, p. 29).

### **b. Análisis de riesgo en el trabajo**

Según (Pérez, 2013) “El análisis de riesgo en el trabajo es uno de los objetivos de la seguridad la salud se enfoca en evitar lesiones, así como enfermedades relacionadas con el trabajo, mediante la capacitación del personal se logra la disminución de riesgo en los accidentes laborales, mediante la ejecución de controles, definen los procedimientos laborales seguros y emplean el equipo de protección adecuado para el personal” (p. 29).

El análisis de riesgo en el trabajo tiende a ser uno de los principios de la seguridad. uno de los pilares de la salud es el de evitar las lesiones, y enfermedades que se relacionan con el trabajo, a través del entrenamiento del personal se puede disminuir el riesgo de los accidentes laborales, por medio de controles, procedimientos y utilizan equipo de protección.

### **1. Acción preventiva**

“Esta se enfoca en reducir, evitar y eliminar los accidentes laborales, en donde se toma en cuenta la protección del trabajador, por medio del empleo del equipo de protección personal, maquinaria, instalaciones, procesos de fabricación, así como la vigilancia de la seguridad, premios y sanciones, señalización en las diferentes áreas de trabajo” (Pérez, 2013, p. 30).

Según (Pérez, 2013) “En una acción preventiva se tiende a disminuir, se evita o se elimina el accidente laboral en donde una de las prioridades es la protección del trabajador, mediante el uso de equipo de protección, personal capacitado, maquinaria, instalaciones y procesos tienen un enfoque especial en la seguridad, la cual abarca la señalización de las diferentes áreas de trabajo” (p. 30).

Las medidas de seguridad y de higiene tienden a ser preventivas y no reactivas, por lo cual se deben de identificar medidas activas para poderle brindar protección al trabajador y que estos no queden expuestos ante los riesgos, estos se deben de prevenir y se deben de resolver antes de que se generen.

“Tanto las medidas de seguridad como las de higiene deben de ser preventivas, estas acciones nunca deben de ser reactivas, se deben de determinar las acciones que proporcionan protección al trabajador, se debe de minimizar los riesgos, los cuales se deben de prevenir y se debe de resolver antes de que sucedan las medidas preventivas, deben de participar todos los integrantes de la empresa” (Pérez, 2013, p. 30).

## 2. Acción empresarial

“La empresa en donde se realiza la acción de seguridad se debe de basar en los siguientes aspectos protección del trabajador para minimizar lesiones, protección e de maquinaria y equipo, manejo de transporte y materiales, mantenimiento de las instalaciones, prevención de riesgos laborales, seguridad en la empresa” (Pérez, 2013, p. 30).

La empresa debe de considerar los siguientes aspectos la protección del personal se emplea para minimizar las lesiones de la maquinaria y el equipo deben de contar con protección y equipo necesario, deben de existir normas en el transporte de materiales

realizar mantenimientos preventivos en las instalaciones, reducción de los riesgos laborales, normativa de seguridad de la empresa.

### 3. Acción de los jefes

“Esta se deriva de la acción empresarial para lo cual se siguen cinco aspectos programar las acciones de seguridad, organizar las acciones, dirigir de forma correcta el trabajo a manera de que este sea seguro, coordinar el trabajo para la correcta realización de la producción, control sobre las responsabilidades de ejecución de los trabajadores” (Pérez, 2013, p. 30).

Esta se basa en las acciones empresariales en base a: Programación de acciones de seguridad, organizar y controlar las acciones, el desempeño del trabajo debe de ser seguro, coordinación eficiente en la producción, control de las asignaciones de los trabajadores.

### 4. Acciones del trabajador

“El mismo trabajador debe de ser una pieza fundamental en las acciones de seguridad sobre las cuales se debe de basar la colaboración, lo cual se basa en dos aspectos fundamentales: 1) Localización de actos, condiciones peligrosas, y comunicación de lo observado. 2) Prevención del peligro por la adopción de las adecuadas medidas de seguridad” (Pérez, 2013, p. 31).

El trabajador es uno de los ejes fundamentales en el seguimiento de la seguridad, lo cual se fundamenta en la colaboración por medio de la localización de los actos y la prevención del peligro.

### 5. Formación de seguridad

“Esto se basa en que toda actividad debe de estar orientada hacia un entrenamiento, se debe de efectuar una divulgación de las prácticas y de los métodos operativos

que son seguros, enseñanza de la seguridad y sus principios, mejora el clima de seguridad en la empresa en general y la creación y el desarrollo de una mentalidad enfocada en la prevención hacia el trabajador” (Pérez, 2013, p. 31).

Todas las actividades se deben de enfocar en capacitación, se debe de socializar la práctica y el método operativo seguro, se debe de capacitar en términos de seguridad y de sus principios, se promueve la seguridad en la empresa, y se establecen parámetros preventivos para que los procesos sean seguros y de mejor calidad para la producción.

#### 6. Información de seguridad

“En esta se toman en cuenta todos los medios como lo son los de comunicación y se contactó con el exterior por medio de visitas a otras empresas, asistencia a conferencias, cursillos, charlas, seminarios, simposios, congresos con lo que se da vitalidad a las ideas y a los conocimientos” (Pérez, 2013, p. 31).

Se realiza a través de los medios de comunicación y se establecen relaciones con otras empresas mediante visitas, se promueven capacitaciones, con lo que se fortalecen los conocimientos, los cuales son aprovechados en el programa de seguridad de la empresa.

#### b. Mapa de riesgos

“En el mapa de riesgos se identifican los diferentes riesgos que ocurren en las distintas actividades, se puede identificar, localizar y valorar los riesgos. Se establecen las condiciones del trabajador” (Pérez, 2013, p. 31).

#### c. Política de seguridad

“Estas políticas organizativas constituyen una orientación a la relación con el camino que debe de seguir la empresa, al constituir normas de seguridad de la

planta, las cuales se deben de hacer públicas por medio de la administración, para lo cual se pueden incluir avisos y sanciones cuando estas obligaciones no se cumplen, la política de seguridad es un cimiento fundamental de la estructura orientada a crear un programa de seguridad” (Pérez, 2013, p. 31).

Las políticas de seguridad son uno de los pilares de las empresas en la escala de la organización de la misma, se establecen las normas de seguridad para la planta de proceso, estas se hacen públicas a través de la administración por medio de avisos y de sanciones.

#### d. Programa de seguridad en el trabajo

“No debe de ser suficiente con el hecho de establecer políticas, o establecer a un encargado del programa de seguridad, por lo que debe de existir un plan sobre el cual se puedan desarrollar las políticas y que estas puedan medir las acciones del encargado una buena dirección exige que se cuente con un plan, que señale los pasos específicos para alcanzar el fin determinado” (Pérez, 2013, p. 32).

El programa de seguridad permite el desarrollo de las políticas, establece parámetros de medición del encargado. Para poder tener una buena dirección en la empresa se debe de contar con un plan por medio del cual se puedan alcanzar los objetivos establecidos.

El desarrollo del plan debe de contar con los siguientes aspectos

“La redacción y la publicación de la política en relación al control de los riesgos, se debe delegar la autoridad sobre la cual se deben de rendir informes, se debe de delegar para poder llevar la política trazada” (Pérez, 2013, p. 32).

Según (Pérez, 2013) “El desarrollo del plan debe de contener la redacción y de forma posterior la publicación de la política en relación al control de los riesgos,

se determina quien se le deben de presentar los informes, también se debe de delegar sobre los encargados de área para poder alcanzar la política de seguridad” (p. 32).

Designar al director de seguridad este tiene la responsabilidad de la dirección para poder recopilar datos de las lesiones, y las que hayan estado a punto de ejecutarse, a medida que estas sucedan, se debe de publicar una información persuasiva de la dirección, por medio de la cual se pueda establecer las prioridades necesarias por medio de las cuales se deben de corregir los riesgos.

“Debe de existir un encargado del programa de seguridad, el cual debe de estar a cargo de la dirección el cual debe de recopilar los datos de los controles y de las lesiones que ocurran, también se debe de publicar de forma persuasiva, a manera de determinar prioridades y reducir riesgos” (Pérez, 2013, p. 32).

Según Pérez (2013)“Se deben de analizar los informes operativos específicamente los que están relacionados con las lesiones, daños a la propiedad y las enfermedades en el trabajo. Los informes operativos son objeto de análisis, prioritariamente los que tengan lesiones, daños a la propiedad y enfermedades laborales” (p. 32).

Evaluar la amplitud y la seriedad de los riesgos operativos. La evaluación debe determinar la calidad de las salvaguardas físicas existentes; así como la naturaleza y la severidad de los riesgos operativos, se deben de realizar las correcciones necesarias, cálculos de tiempo y de presupuesto para poder realizar las correcciones.

“Se debe de evaluar los riesgos operativos, se incluyen las salvaguardas físicas, los riesgos operativos, cálculos de tiempo y de presupuesto en las correcciones y se realizan las enmiendas necesarias seleccionar, organizar y planear los métodos de

comunicación, para los programas de entrenamiento en relación a la seguridad de los empleados, se debe de promover el interés en el mantenimiento, se deben de presentar informes a la gerencia en relación a los procesos y a las necesidades del programa de seguridad en la organización” (Pérez, 2013, p. 32).

Según (Pérez, 2013) “Se deben de establecer los métodos de comunicación realizar programas de entrenamiento, se vela por la seguridad del personal, se promueve el mantenimiento, se mantiene a la gerencia informada de los procesos y de los requerimientos del programa de seguridad” (p. 32).

Establecer revisiones periódicas, por medio de estas se audita el programa y la aplicación de este, lo más recomendable es emplear a un consultor, porque el director al estar en constante contacto no percibe los riesgos, se deben de realizar revisiones constantes, por medio de las cuales se audita el programa y la aplicación de este, se debe de emplear un consultor externo.

Se deben de establecer objetivos a largo plazo y se deben de tener metas a corto plazo. Estos se emplean como puntos comparativos, para poder establecer cuales puntos son funcionales y cuáles no para poder tomar decisiones basadas en mejora del ingenio.

## **II.12. Normativa legal**

### **a. Legislación aplicable a los ingenios azucareros**

Los ingenios azucareros están sujetos al cumplimiento de leyes y reglamentos, que rigen sus operaciones tanto interna como externa y a las normas y políticas de trabajo que se deben de respetar y acatar.

#### **1. Código de comercio, Decreto número 2-70 del Congreso de la Republica**

Regula a los comerciantes, los negocios jurídicos mercantiles y las cosas mercantiles. Los ingenios azucareros están organizados como sociedades anónimas amparadas

bajo el artículo 86, la responsabilidad de los socios está limitada al pago de las acciones que hubiesen suscrito (Tobías, 2016, p. 12).

A partir de la vigencia del decreto No. 55-2010 del congreso de la república, ley de extinción de dominio, se eliminan las acciones al portador y en un plazo de dos años se obliga a cambiarlas a acciones nominativas cuya fecha de vencimiento fue el 28 de junio de 2013.

Las empresas deben de llevar de forma organizada y por el sistema de partida doble sus registros contables, al usar principio de contabilidad generalmente aceptados, utilizar como mínimo los libros de inventarios, diario, mayor y estados financieros.

2. Ley del Impuesto al Valor agregado, decreto Numero 27-92 del Congreso de la Republica.

“El impuesto al valor agregado es un impuesto indirecto sobre el consumo y se aplica en la transferencia a título oneroso de bienes y prestación de servicios la tasa del impuesto es del 12% hay tasas específicas para el pago del impuesto los ingenios azucareros por ser exportadores, solicitan la devolución del impuesto al valor agregado a su favor, por las transacciones realizadas y vinculadas con la exportación de sus productos, de acuerdo a los procedimientos indicados en ley”.

(Tobías, 2016, p. 12)

En el Decreto No. 20-2026 del Congreso de la República, Disposiciones Legales para el Fortalecimiento de la Administración Tributaria.

“Se establece un régimen de retenciones del impuesto al valor agregado, las personas individuales y jurídicas que exponen en forma habitual un promedio de cien mil quetzales mensuales como mínimo serán consideradas como agentes de retención”

(Tobías, 2016, p. 12).

“Los porcentajes de retención del impuesto que de acuerdo a esta ley deben realizar los ingenios azucareros, en caso de adquirir productos agrícolas y pecuarios, el 65% y en cuando adquieran otros productos distintos a los anteriores el 15%. Cuando se realicen compras de bienes y servicios a pequeños contribuyentes, los ingenios azucareros deben aplicar la retención del impuesto del 5%” (Tobías, 2016, p. 13).

3. Ley de actualización tributaria, Libro I Impuesto Sobre la Renta, Decreto Numero 10-2012 del Congreso de la Republica.

“Las rentas de fuente guatemalteca se clasifican de acuerdo a su procedencia en: Rentas de actividades lucrativas, rentas del trabajo, rentas de capital y ganancias de capital” (Tobías, 2016, p. 13).

“Se establecen dos regímenes para las rentas de actividades lucrativas: régimen sobre las utilidades, y el régimen opcional y simplificado sobre ingresos, a partir de 1 de enero de 2014, los contribuyentes inscritos bajo el régimen sobre las utilidades de actividades lucrativas, como es el caso de los ingenios azucareros, aplicaran sobre la base imponible la tasa del 28% y a partir del 1 de enero de 2015 en adelante una tasa de 25%, según lo estipulado en el artículo 36” (Tobías, 2016, p. 14).

Los ingenios azucareros que realicen operaciones comerciales de compra de bienes y adquisición de servicios, con contribuyente que estén inscritos en el régimen opcional y simplificado sobre ingresos de actividades lucrativas, deben realizar de acuerdo a las disposiciones de esta ley, la retención con carácter definitivo del impuesto aplicado una tasa del 5% sobre la renta imponible de Q0.01 a Q30, 000 y 7% sobre el excedente de 30,000 más un importe fijo de Q1, 500. La tasa del 7% se aplica a partir del 1 de enero de 2014 en adelante y el impuesto se calcula sobre los ingresos brutos (Tobías, 2016, p. 14).

### **III. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS**

La investigación se realizó en Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con la finalidad de comprobar la hipótesis planteada: “El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos”. Con el 100% de confianza y 0% de error de muestreo la información se obtuvo de dos tipos de poblaciones, las cuales son:

Para comprobar la variable dependiente (Y) o el efecto, bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, la población es de veinticinco colaboradores del área de fabricación de azúcar del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en virtud de que la población es menor a 35 individuos, se realiza un censo, se tiene el 100% de confianza y 0% de error de muestreo.

Para comprobar la variable independiente (X) o causa principal, deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla la población es de un Gerente de producción, tres Supervisores y tres Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en virtud de que la población es menor a 35 individuos, se realiza un censo, se tiene el 100% de confianza y 0% de error de muestreo.

A continuación, se presentan los cuadros y gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizada por la investigadora; las que se clasifican de la manera siguiente:

Del cuadro y gráfica 1 al 5, se refiere a la comprobación de la variable dependiente; del cuadro y grafica 6 al 10, para comprobar la variable independiente, se hace la observación que con la gráfica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con la gráfica 6 se comprueba la variable independiente, contenidas en la hipótesis de trabajo formulada.

### III.1. Cuadros y gráficas que comprueban la variable dependiente (Y) o efecto.

**Cuadro 1**

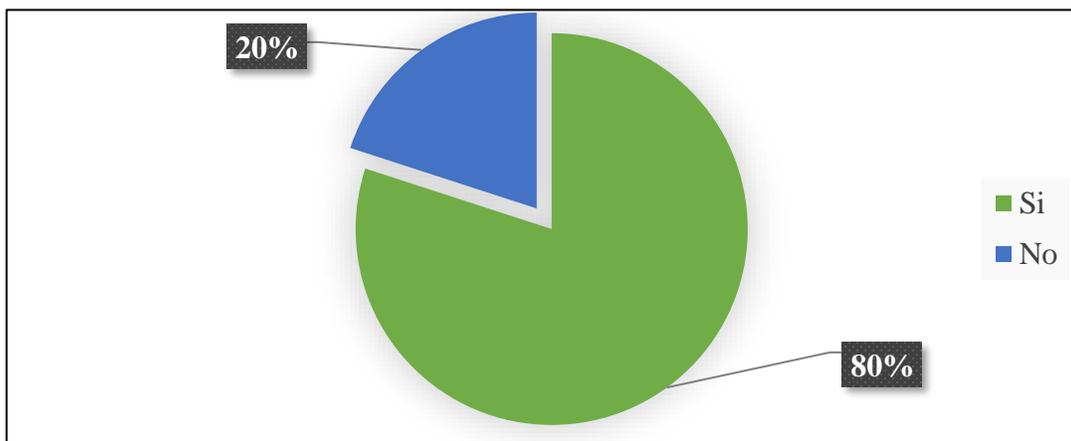
Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	20	80
No	5	20
Totales	25	100

Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Gráfica 1**

Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.



Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Mediante la opinión de 4/5 de los colaboradores del área de fabrica del Ingenio, los cuales indican que, si ha existido un bajo rendimiento en la producción de azúcar, en los últimos cinco años, lo que ha generado pérdidas financieras debido a que no se cumple con las metas de producción propuesta de parte de la gerencia del ingenio por lo tanto urge la implementación de la propuesta, con esto se contribuye a confirmar el efecto

**Cuadro 2**

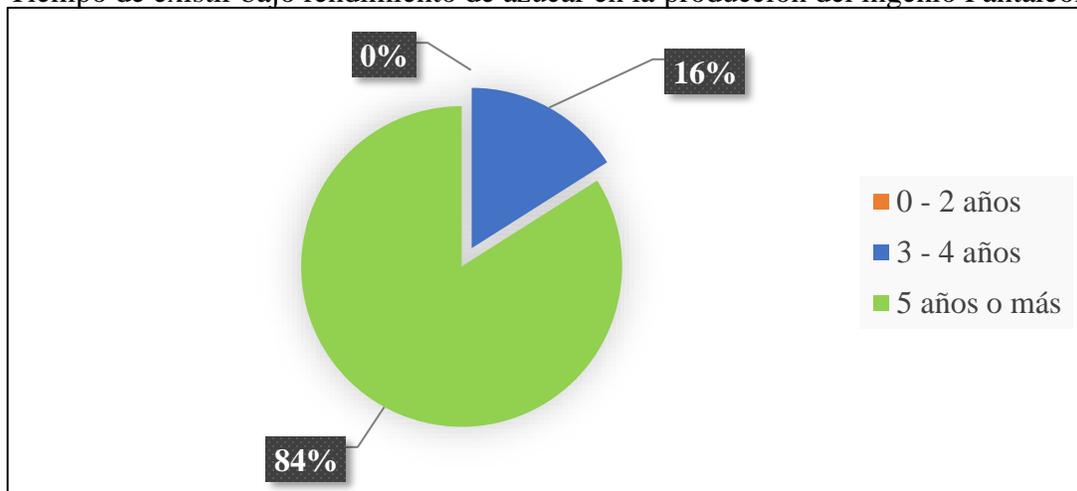
Tiempo de existir bajo rendimiento de azúcar en la producción del ingenio Pantaleón.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
0 - 2 años	0	0
3 - 4 años	4	16
5 años o más	21	84
Totales	25	100

Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Gráfica 2**

Tiempo de existir bajo rendimiento de azúcar en la producción del ingenio Pantaleón



Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Por medio de la opinión de poco más de 4/5 de los colaboradores del área de fabrica del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, los cuales indican que el bajo rendimiento en la producción de azúcar existe desde hace 5 años o más, lo que ha provocado la pérdida de remuneraciones extras para el colaborador del ingenio con esto se contribuye a confirmar el efecto.

**Cuadro 3**

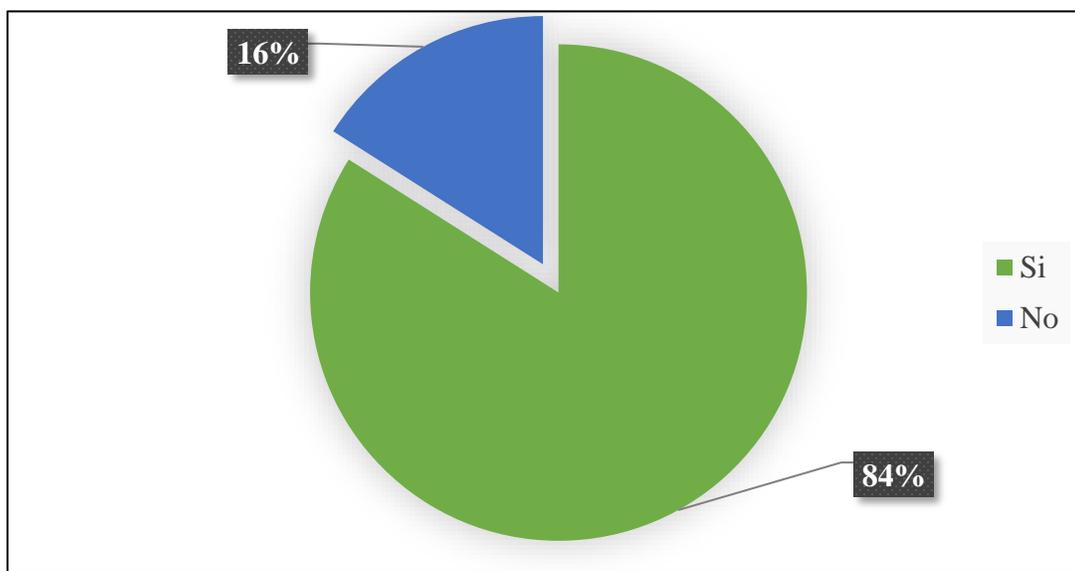
Bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	21	84
No	4	16
Totales	25	100

Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Gráfica 3**

Bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón



Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** De acuerdo a la opinión de poco más de 4/5 de los colaboradores del área de fabrica del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, los cuales indican que el bajo rendimiento en la producción de azúcar afecta las metas de producción, lo que puede llegar a desatar problemas severos al ingenio si no se presenta una solución, con esto se contribuye a confirmar el efecto.

#### Cuadro 4

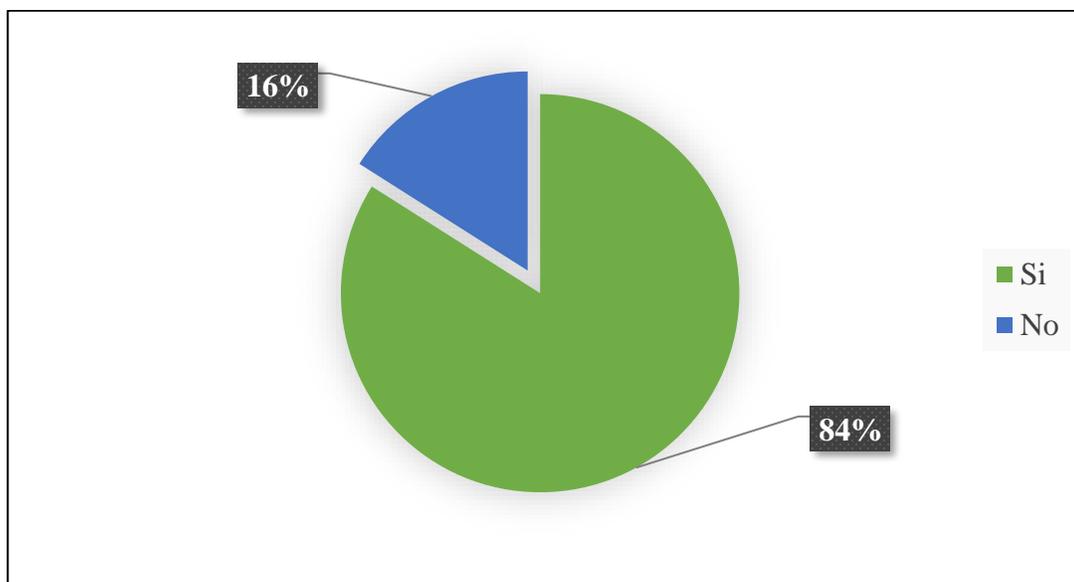
Bajo rendimiento de azúcar se debe a procesos inadecuados en la producción.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	21	84
No	4	16
Totales	25	100

Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

#### Gráfica 4

Bajo rendimiento de azúcar se debe a procesos inadecuados en la producción.



Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Según la opinión de un poco más de 4/5 de los colaboradores del del área de fabrica del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, los cuales indican que el bajo rendimiento de azúcar se debe a los inadecuados procesos de producción por tanto se debe de implementar el plan de mejora continua en los procesos de extracción preparación, y elaboración de azúcar, Con esto se contribuye a confirmar el efecto.

### Cuadro 5

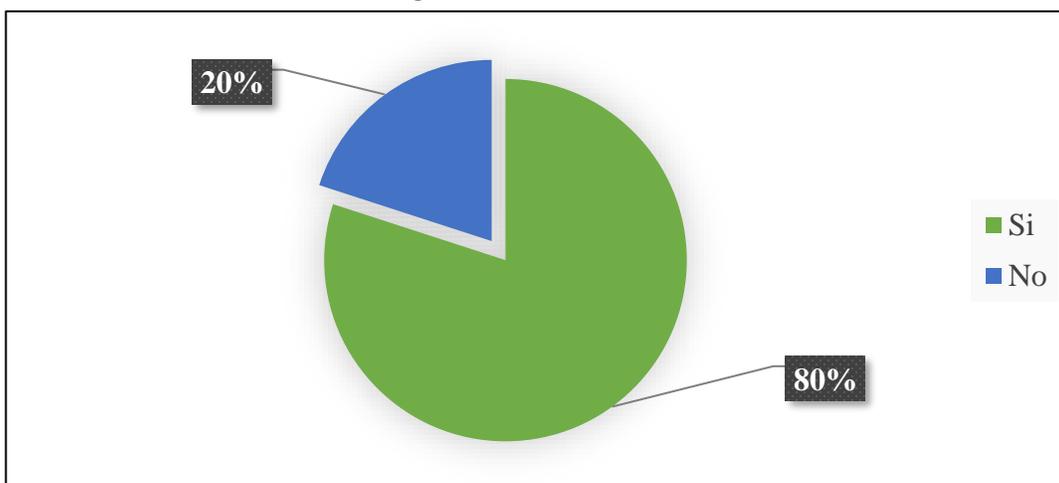
Bajo rendimiento de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	21	80
No	4	20
Totales	25	100

Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

### Gráfica 5

Bajo rendimiento en la producción de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa.



Fuente: censo dirigido a colaboradores del área de fabrica del ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Por medio de la opinión de 4/5 de los colaboradores del área de fabrica del Ingenio, los cuales indican que el bajo rendimiento en la producción de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa, por lo tanto se debe mejorar en este proceso para evitar la pérdida de sacarosa y por ende el bajo rendimiento de la misma, con esto se contribuye a confirma el efecto.

### III.2. Cuadros y gráficas que comprueban la variable independiente (X) o causa.

**Cuadro 6**

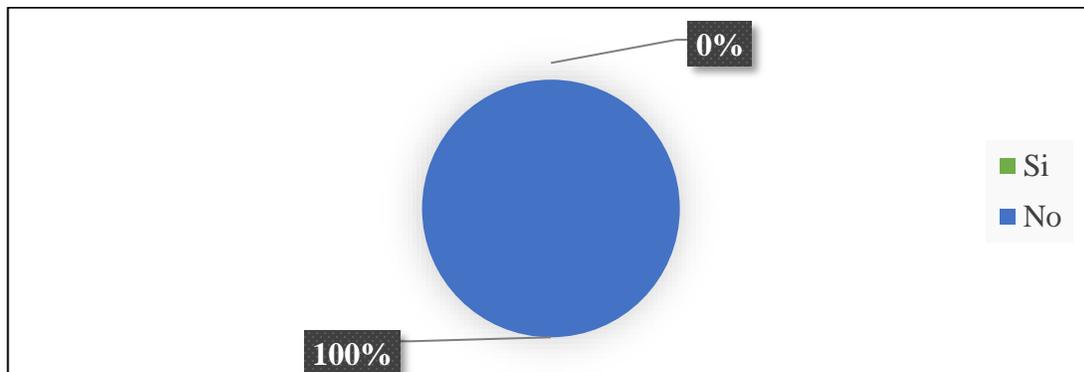
Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	7	100
Totales	7	100

Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Gráfica 6**

Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.



Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Por medio de la opinión de la totalidad de los encuestados, Gerente, supervisores y técnicos del área de producción, los cuales indican que no existe un Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con esto se contribuye a confirmar la causa.

### Cuadro 7

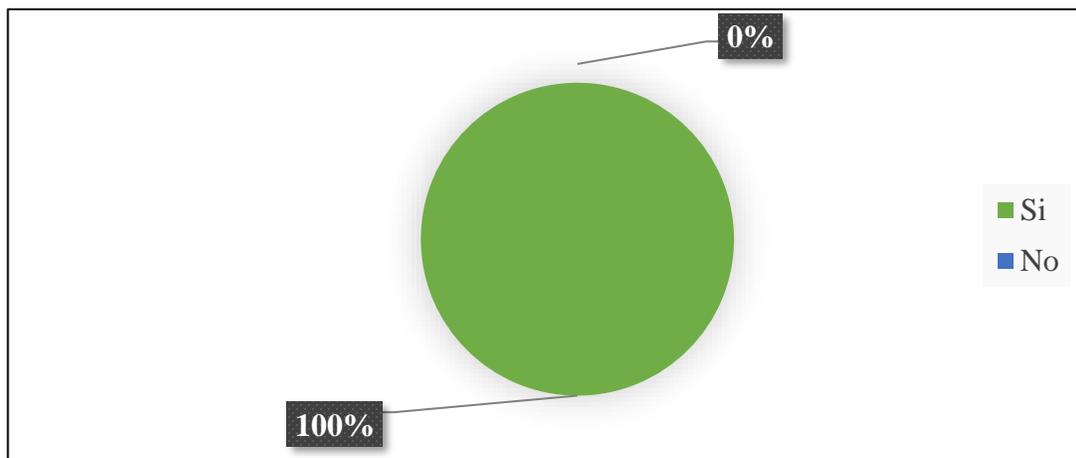
Necesidad de implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	7	100
No	0	0
Totales	7	100

Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

### Gráfica 7

Necesidad de implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.



Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Según el cuadro y gráfica anterior a través de la opinión de la totalidad de los encuestados, Gerente, supervisores y técnicos del área de producción, los cuales indican que es necesario la implementación de un del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio en Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con esto se contribuye a confirmar la causa.

### Cuadro 8

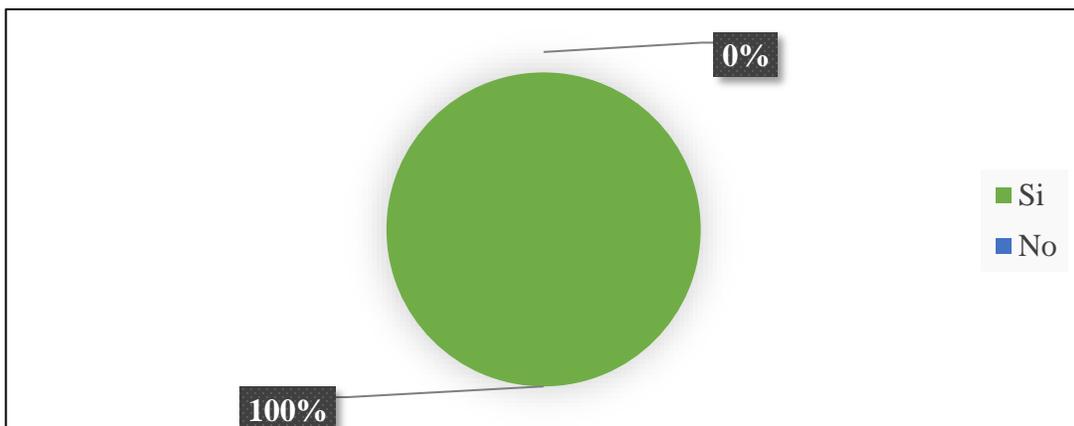
Apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	7	100
No	0	0
Totales	7	100

Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

### Gráfica 8

Apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio



Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Por medio de la opinión de la totalidad de los encuestados, Gerente, supervisores y técnicos del área de producción, los cuales indican que apoyarían la implementación de un Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con esto se contribuye a confirmar la variable independiente.

### Cuadro 9

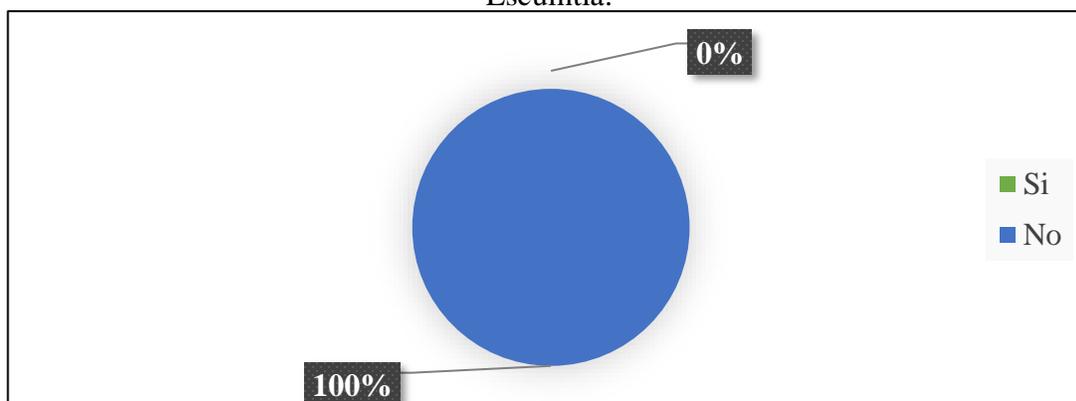
Capacitación a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	7	100
Totales	7	100

Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

### Gráfica 9

Capacitación a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.



Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** A través de la opinión de la totalidad de los encuestados del área de producción, los cuales indican que no existe capacitaciones a colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con esto se contribuye a confirmar la causa.

### Cuadro 10

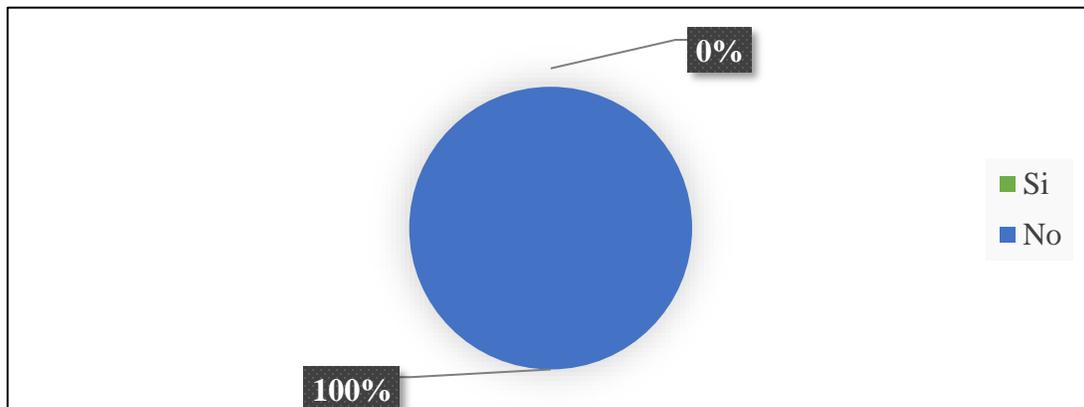
Los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.

Respuestas	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Sí	0	0
No	7	100
Totales	7	100

Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

### Gráfica 10

Los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.



Fuente: censo dirigido a Gerente, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, octubre 2021.

**Análisis:** Según la opinión de la totalidad de los encuestados, del área de producción, los cuales indican que los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, con esto se contribuye a conformar la causa.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **IV.1. Conclusiones**

1. Se comprueba la hipótesis siguiente: “El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos”. Con el 100% de nivel de confianza y el 0% de margen de error.
2. Ha existido un bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla lo que ha generado pérdidas financieras debido a que no se cumple con las metas de producción planificadas.
3. El tiempo en que ha existido el bajo rendimiento de azúcar en la producción ha sido desde hace 5 años o más en ingenio Pantaleón por lo que urge la implementación de la propuesta planteada.
4. El bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón lo que ha generado incumplimiento de contratos con los clientes.
5. Los procesos inadecuados en la producción de azúcar han generado el bajo rendimiento en la extracción, preparación, y elaboración de azúcar y ha provocado el aumento de los costos de manufactura.
6. El aumento de bacterias degradadoras de sacarosa provoca el bajo rendimiento de azúcar por los procesos inadecuados que se realizan desde el campo hasta el Ingenio.
7. No existe un Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

8. Es necesario la implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio, para evitar la baja rentabilidad en la producción de azúcar.

9. Se cuenta con apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio.

10. Falta de capacitación a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

11. No se cumplen con los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.

#### **IV.2. Recomendaciones**

1. Implementar la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

2. Aumentar el rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla para que generen ganancias económicas a través del cumplimiento de las metas de producción planificadas.

3. Reducir el bajo rendimiento de azúcar en la producción ha existido desde hace 5 años o más en ingenio Pantaleón con la ayuda de la implementación de la propuesta planteada por los colaboradores de ingenio Pantaleón, jefatura, tomando ideas de las capacitaciones dadas a todo el personal para así mejorar y reducir el bajo rendimiento en la producción de azúcar.

4. Mejorar el rendimiento de producción de azúcar para que se logre alcanzar las metas propuestas y cumplir con los contratos y pedidos de los clientes del ingenio Pantaleón kilómetro 86.5 carretera a Mazatenango Siquinalá, Escuintla.

5. Evitar el aumento de manufactura en la producción con la implementación de procesos adecuados a la extracción, preparación, y elaboración de azúcar

6. Operativizar procesos adecuados que se realizan desde el campo hasta el Ingenio. Para minimizar las bacterias degradadoras de sacarosa que provocan un porcentaje del bajo rendimiento de producción de azúcar.

7. Elaborar un Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

8. Contar con la implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio, para evitar la baja rentabilidad en la producción de azúcar.

9. Aprovechar el apoyo a la implementación de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio será la clave para lograr los objetivos.

10. Capacitar a los colaboradores sobre Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

11. Tratar de cumplir con los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón por la inexistencia de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar

## BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo, L. 2012. Mejoramiento del proceso de inducción de personal operativo para el área agrícola de un ingenio azucarero ubicado en el Departamento de Escuintla. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. USAC.
2. Asociación española para la calidad. (2007). El método eficaz para la mejora continua. octava Edición Madrid. España. Asociación española para la calidad.
3. Asociación de Azucareros de Guatemala-Asazgua-(2020). [https://www.azucar.com.gt/azucar-de-guatemala-en-el mundo](https://www.azucar.com.gt/azucar-de-guatemala-en-el-mundo)
4. Alvarez F. y Zurita, R. (2014) Evaluación de los factores de riesgos por puesto de trabajo en las secciones de centrifugas, cristalización, clarificación/sulfatación y evaluación y sus incidencias en los niveles de accidentabilidad en el ingenio San Carlos del Cantón Marcelino Maridueña. <http://repositorio.unemi.edu.ec/bitstream/123456789/1818/1/Evaluaci%C3%B3n%20de%20los%20factores%20de%20riesgos%20por%20puesto>.
5. Ahmed, P. 2016. Biorremediación de vinazas de destilerías de alcohol, por microorganismos autóctonos aislados de ambientes contaminados. Facultad de Bioquímica y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.
6. Benítez, J. y Guagalango, R. (2021). Evaluación de dos biocidas e implicaciones económicas del procedimiento de saneamiento de jugos de caña en el área de molinos del IANCEM. Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales. Ibarra. Ecuador.

7. Castro J. Colazo R. (1997), Los Roedores Dañinos: Algunos aspectos del control químico y bacteriológico. No. 1. Consultado 5 de marzo de 2011. [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v08\\_n1/roedoresd.htm](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/veterinaria/v08_n1/roedoresd.htm)
8. CENGICANA (2002), Control químico de roedores. CAÑAMIP-Entomología, CENGICANA. Guatemala.
9. CENGICANA (Centro de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). (2006). Memoria de resultados de investigación zafra 2005–2006. Guatemala. 302 p.
10. CENGICANA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2012). El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala. Melgar, M.; Meneses, A.; Orozco, H.; Pérez, O.; y Espinosa, R. (eds.). Guatemala. 512 p. <https://cengicana.org/files/20170103101309141.pdf>
11. CENGICANA. (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar). (2017). Guía de Buenas Prácticas Agrícolas en Caña de Azúcar. 84p. [www.cengicana.org](http://www.cengicana.org).
12. Cisneros, B. (2012). Propuesta de un Modelo de Mejora Continua de los procesos en el Laboratorio PROTAL – ESPOL, basado en la integración de un Sistema ISO/IEC 17025:2005 con un Sistema ISO 9001:2008 en el año 2011. Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador

13. Cutz, L. (2004). Determinación de la pérdida de azúcar por exceso de lavado en una centrifugadora semiautomática 1.22 m X 0.76 m Ingenio Trinidad. Escuintla, Guatemala. Facultad de Ingeniería. USAC.
14. Evans, R. y Lindsay, W. 2008. Administración y Control de la Calidad. 7ª ed. México. Cengage Learning.
15. Fernández, M. (2003). Evaluación del uso de los subproductos de la industrialización de la caña de azúcar en la elaboración de compost. Facultad de Arquitectura. Maestría en diseño, planificación y manejo ambiental. USAC.
16. Fuentes, S. (2006). Optimización del proceso de fabricación de azúcar blanca para mejorar la calidad, en el ingenio Santa Teresa S.A. Facultad de Ingeniería. USAC.
17. Harrington, J. (1993). Mejoramiento de los procesos de una empresa. McGraw-Hill, Bogotá.
18. Jacobs, R. 2000. Administración de producción y operaciones: Manufactura y servicios. McGraw-Hill, Santa Fe de Bogotá
19. Jiménez, J., Castro, A. y Brenes, C. (2009). Productividad. España: El Cid Editor.
20. López, I., (2007). Evaluación y Mejora continua, Conceptos y Herramientas para la medición y mejora del desempeño. Impreso en los Estados Unidos.

21. Masaaki, I. 1998. Cómo Implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo. Facultad de Contaduría y Administración, UNAM Ciudad Universitaria, Coyoacán, C.P. 04510. México D.F.
22. Morales, A. (2017). Diseño de investigación del modelo de implementación del OEE (Eficiencia Global de Equipos) para mejora de la productividad de una caldera en un ingenio azucarero de Escuintla. Facultad de Ingeniería. USAC.
23. Morales, I. (2018). Cuantificación De Pérdidas Indeterminadas De Sacarosa Por Inversión Química En La Sección De Clarificadores Para Dos Tecnologías De Clarificación Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/8622/1/Itzam%20Adri%C3%A1n%20Morales.pdf>
24. Monroy, (2010). Plagas comunes de la caña de azúcar. Revista Tecnoagro. No. 62 <https://tecnoagro.com.mx/no.-62/plagas-comunes-de-la-cana-de-azucar>
25. Oliva, S. 2004. Margen de utilidad de los actuales canales de distribución de azúcar en el mercado local de Guatemala. Departamento de Administración de Empresas. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Rafael Landívar.
26. Peñalonzo, J. (2004). Evaluación comparativa de dos nuevos procesos de producción de azúcar blanco y crudo a la vez en un ingenio azucarero guatemalteco. Facultad de ingeniería. USAC. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_0922\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0922_Q.pdf)

27. Pérez, U. 2013. Seguridad e higiene laboral aplicada a las empresas constructoras de la cabecera departamental de Quetzaltenango. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales. Universidad Rafael Landívar.
28. Ramírez, A. (2015). Comparación De Métodos De Control Químico De Roedores En Caña De Azúcar; Ingenio Concepción, Escuintla (2007-2010) Sede Regional De Escuintla, Estudio De Caso.
29. Rivera, A. (1980). Subproductos y derivados de la industria azucarera. <https://revistas.intec.edu.do/index.php/ciso/article/view/75>
30. Ramírez, J. (2011) Determinación De Sacarosa Invertida Por Efecto De Recirculación De Jugo Clarificado De Caña De Azúcar, En Un Evaporador De Placas De Película Descendente Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química. [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08\\_1179\\_Q.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1179_Q.pdf)
31. Santiago, D. 2016. Efecto de la aplicación de vinaza y cachaza sobre indicadores biológicos de calidad del suelo en lotes de producción de caña de azúcar (*Saccharum spp.*), bajo dos sistemas de cosecha. Ingenio Pantaleón, S.A., Siquinalá, Escuintla, Guatemala, C.A. Facultad de Agronomía. USAC.
32. Vega, R. (2016) Evaluación Del Contenido De Ácido Láctico En Jugos Filtrados Para El Monitoreo De Pérdidas De Sacarosa En Dos Tecnologías De Filtración De Cachaza En Tres Ingenios Guatemaltecos Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Química. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5489/1/Raisa%20Alejandra%20Vega%20Manzo.pdf>

33. Noriega J. (2018) Diseño Del Plan De Mantenimiento En Conductores De Bagazo De Caña En Un Ingenio Azucarero Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería Escuela de Ingeniería Mecánica. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/11559/1/Josu%C3%A9%20David%20Noriega%20Chavez.pdf>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Modelo de investigación y proyectos: dominó

F-30-07-2019-01

**Modelo de Investigación y proyectos: Dominó**

**No. De Aprobación de hipótesis: 01-344-029-22**

*(Derechos reservados por Doctor Fidel Reyes Lee y Universidad Rural de Guatemala)*

**Elaborado por:** Kelvin Valentin Pérez Corado

**Para:** Programa de Graduación de la  
Universidad Rural de Guatemala

**Fecha:** 30 de septiembre de 2022

**Carné:** 16-029-0021

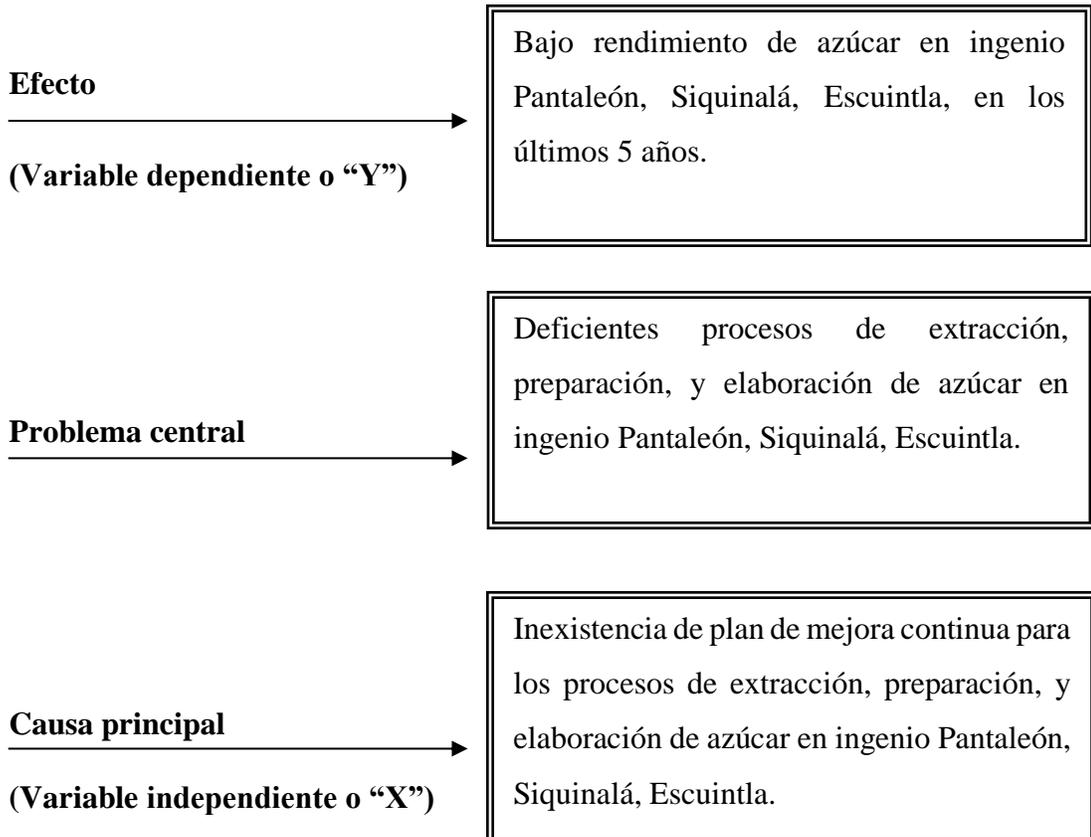
<b>Problema</b>	<b>Propuesta</b>	<b>Evaluación</b>
<p><b>1) Efecto o variable dependiente</b> Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años.</p>	<p><b>4) Objetivo general</b> Logra aumentar el rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p><b>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general</b> <b>Indicadores:</b> Al segundo año de ejecutado el plan de mejora continua, se logra aumentar el rendimiento de azúcar en un 75%. <b>Verificadores:</b> Reportes de rendimiento, informes de unidad ejecutora, entrevista a operadores. <b>Supuestos o cooperantes:</b> la gerencia brinda el apoyo a los operarios de equipos para aumentar el rendimiento.</p>
<p><b>2) Problema central</b> Deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p><b>5) Objetivo específico</b> Eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	
<p><b>3) Causa principal o variable independiente</b> Inexistencia de plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p><b>6) Nombre</b> Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p><b>16) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</b> <b>Indicadores:</b> Al primer año de implementado el plan de mejora continua, se logra eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en un 75%. <b>Verificadores:</b> Reportes del departamento de producción y informes de la unidad ejecutora. <b>Supuestos o cooperantes:</b> La Gerencia General actualiza e implementa mejoras a los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar cada año.</p>
<p><b>7) Hipótesis</b> "El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos".</p>	<p><b>12) Resultados o productos</b> R1: Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora. R2: Se dispone del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar. R3: Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado.</p>	
<p><b>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</b> 1. ¿Existe bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla? Sí _____ No _____ 2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón? a. 0 a 2 años _____ b. 3 a 4 años _____ c. 5 años o más _____ 3. ¿Considera que el bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón? Sí _____ No _____ Será dirigida a los 25 colaboradores del departamento de producción de ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. Boletas 25, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.</p>	<p><b>13) Ajuste de costos y tiempo</b> (No aplica)</p>	

<p><b>9) Preguntas clave y comprobación de la causa principal</b></p> <p>1. ¿Existe algún plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla? Sí _____ No _____</p> <p>2. ¿Considera necesaria la implementación del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar? Si ___ No ___</p> <p>3. ¿Apoyaría usted la implementación del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar? Si ___ No ___</p> <p>Dirigidas a Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción de ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p> <p>Boletas 7, población censal, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error</p>	<p><b>14) Anotaciones, Aclaraciones y advertencias</b></p> <p>Forma de presentar resultados: El investigador para cada resultado debe identificar por lo menos cuatro actividades: R1: Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora. A1 An R2: Se dispone del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar A1 An R3: Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado. A1 An</p>														
<p><b>10) Temas del Marco Teórico</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Bajo rendimiento</li> <li>2. Producción</li> <li>3. Producción de azúcar en Guatemala</li> <li>4. Caña de azúcar</li> <li>5. Procesos de fabricación del azúcar de caña.</li> <li>6. Procesos de clarificación</li> <li>7. Pérdidas de sacarosa en el proceso de fabricación y refinación del azúcar</li> <li>8. Métodos para determinar pérdidas por inversión de sacarosa</li> <li>9. Plan de mejora continua.</li> <li>10. Eficiencia</li> <li>11. Seguridad Industrial</li> <li>12. Normativa legal</li> </ol>	<table border="1" data-bbox="892 751 1753 1003"> <thead> <tr> <th>Código</th> <th>Carné</th> <th>Estudiante</th> <th>Carrera</th> <th>Sede</th> <th>Celular</th> <th>Correo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>16-029-0021</td> <td>Kelvin Valentin Pérez Corado</td> <td>Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.</td> <td>O18 Escuintla</td> <td>53862777</td> <td>160290021@urural.edu.gt</td> </tr> </tbody> </table>	Código	Carné	Estudiante	Carrera	Sede	Celular	Correo		16-029-0021	Kelvin Valentin Pérez Corado	Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.	O18 Escuintla	53862777	160290021@urural.edu.gt
Código	Carné	Estudiante	Carrera	Sede	Celular	Correo									
	16-029-0021	Kelvin Valentin Pérez Corado	Licenciatura en Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables.	O18 Escuintla	53862777	160290021@urural.edu.gt									
<p><b>11) Justificación</b></p> <p>El investigador debe de evidenciar con proyección estadística y matemática, el comportamiento del efecto identificado en el árbol de problemas.</p>															

## Anexo 2. Árbol de problemas, hipótesis y árbol de objetivos

### 2.1 Árbol de problemas

Tópico: Deficientes procesos en extracción, preparación y elaboración de azúcar.



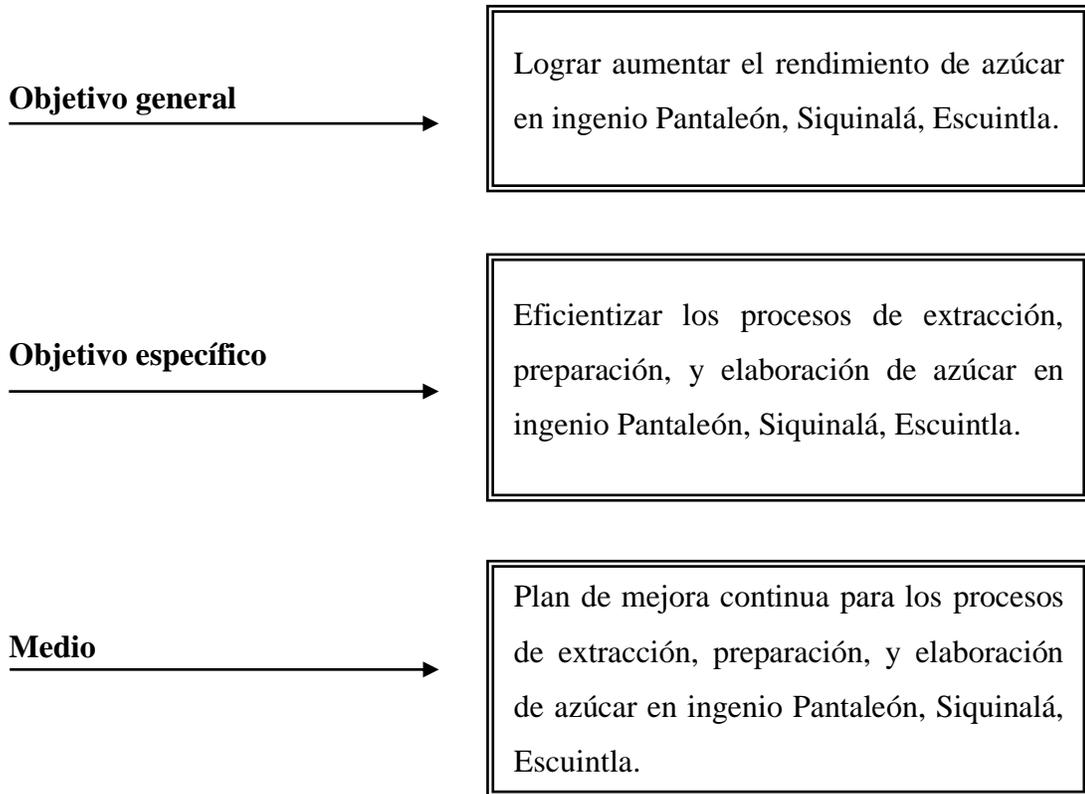
#### Hipótesis:

“El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos”.

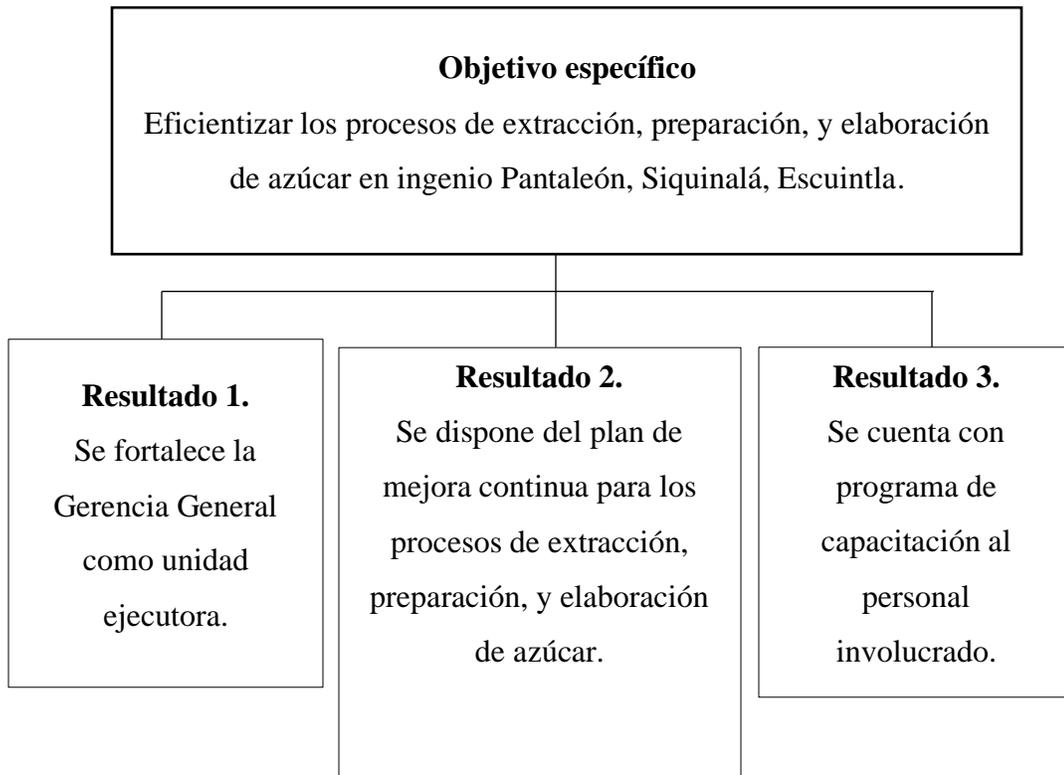
¿Es la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos, por deficiente proceso de extracción, preparación y elaboración de azúcar, la causante del bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos cinco años?.

## 2.2. Árbol de objetivos

De acuerdo con la problemática, causa y efecto planteado en el árbol de problemas, fue posible la determinación y diagramación de los objetivos de estudio.



### Anexo 3. Diagrama del medio de solución de la problemática



#### **Anexo 4. Boleta de investigación para la comprobación del efecto general**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable dependiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable dependiente siguiente:

**Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años.**

Esta boleta censal está dirigida a 25 colaboradores del área de fabricación de azúcar del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varias preguntas a las que les debe responder y marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Existe bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Desde hace cuánto tiempo existe bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón?  
a. 0 a 2 años \_\_\_\_\_ b. 3 a 4 años \_\_\_\_\_ c. 5 años o más \_\_\_\_\_

3. ¿Considera que el bajo rendimiento de azúcar afecta las metas de ingenio Pantaleón? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Cree que el bajo rendimiento de azúcar se debe a procesos inadecuados en la producción?  
Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Considera que el bajo rendimiento en la producción de azúcar se genera por el aumento de bacterias degradadoras de sacarosa? Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha \_\_\_\_\_

## **Anexo 5. Boleta de investigación para la comprobación de la causa principal**

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Boleta de Investigación

Variable independiente

Objetivo: Esta boleta tiene por objeto comprobar la variable independiente siguiente:

**Inexistencia de plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.**

Esta boleta censal está dirigida a Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

**Instrucciones:** A continuación, se le presentan varias preguntas a las que les debe responder y marcar con una “X” la respuesta que considere correcta.

1. ¿Existe algún plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

2. ¿Considera necesaria la implementación del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

3. ¿Apoyaría usted la implementación del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

4. ¿Se ha capacitado a los colaboradores sobre el plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

5. ¿Considera que los objetivos trazados por Ingenio Pantaleón no se cumplen por la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar?

Sí \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Lugar y fecha: \_\_\_\_\_

## **Anexo 6. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo de muestra**

Universidad Rural de Guatemala establece que para poblaciones iguales o menores de 35 individuos se deben realizar censo y para mayores a esta se debe calcular muestra, por lo que se procedió a identificar y determinar su cálculo.

Población que comprueba la variable dependiente (Y) o efecto

La población con características para comprobar la variable dependiente son veinticinco colaboradores del departamento de producción del Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en virtud de que la población es menor a 35 individuos, se realiza un censo, se tiene el 100% de confianza y 0% de error de muestreo.

Población que comprueba la variable independiente (X) o causa principal

La población con características para comprobar la variable dependiente es de un Gerente de producción, tres Supervisores y tres Técnicos de producción de Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en virtud de que la población es menor a 35 individuos, se realiza un censo, se tiene el 100% de confianza y 0% de error de muestreo.

**Anexo 7. Anexo metodológico comentado sobre el cálculo del coeficiente de correlación.**

Se realiza con la finalidad de determinar la correlación existente entre las variables intervinientes en la problemática descrita en el árbol de problemas y poder validarla; así como determinar si es posible la proyección de su comportamiento mediante el cálculo de la ecuación de la línea recta.

Las variables intervinientes están en función de: “X” la cantidad de tiempo contemplado en los últimos 5 años (de 2017 a 2021); mientras que “Y” en función del efecto identificado en el árbol de problemas, el cual obedece al **“Bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años”**.

Requisito.  $+>0.80$  y  $+<1$ . A continuación, se presentan los cálculos y fórmula utilizada para obtener dicho coeficiente.

Cálculo de coeficiente de correlación

Año	X (años)	Y (Bajo rendimiento de azúcar en Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla) (ton)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	3900	3900.00	1	15210000.00
2018	2	3500	7000.00	4	12250000.00
2019	3	3000	9000.00	9	9000000.00
2020	4	2950	11800.00	16	8702500.00
2021	5	2800	14000.00	25	7840000.00
Totales	15	16150.00	45700.00	55	53002500.00

**Formula:**

$$r = \frac{n\sum XY - \sum X * \sum Y}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}}$$

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	45700
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	53002500.00
$\sum Y=$	16150
$n\sum XY=$	228500
$\sum X * \sum Y=$	242250
Numerador=	-13750
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	265012500.00
$(\sum Y)^2=$	260822500.00
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	4190000
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * (n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)=$	209500000.00
Denominador:	14474.11
r=	-0.95

**Análisis:** Debido a que el coeficiente de correlación  $r = -0.95$  se encuentra dentro del rango establecido, se indica que las variables están debidamente correlacionadas, se valida la problemática y se procede a la proyección mediante la línea recta

### **Anexo 8. Anexo metodológico de la proyección lineal**

Para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, se procedió a utilizar la proyección lineal del fenómeno estudiado.

Previo a ello se procedió a determinar el comportamiento de la variable tiempo, respecto a los casos sujetos de estudio en el tiempo, conforme a una serie histórica dada, la que se encuentra dentro de los parámetros aceptables para considerarse como un comportamiento lineal, que se resume con la ecuación siguiente:  $y=a+bx$ .

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $+ - 0.80$  a  $+ - 1$ ; cuyo cálculo es parte integrante de este documento.

A continuación, se presentan los cálculos y la tabla de análisis de varianza para proyectar los datos correspondientes.

$$Y= a+ bx$$

Año	X (años)	Y ((Bajo rendimiento de azúcar en Ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla) (ton)	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	3900	3900.00	1	15210000.00
2018	2	3500	7000.00	4	12250000.00
2019	3	3000	9000.00	9	9000000.00
2020	4	2950	11800.00	16	8702500.00
2021	5	2800	14000.00	25	7840000.00
Totales	15	16150.00	45700.00	55	53002500.00

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	45700
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	53002500.00
$\sum Y=$	16150
$n\sum XY=$	228500
$\sum X*\sum Y=$	242250
Numerador de b:	-13750
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	-275
Numerador de a:	
$\sum Y=$	16150
$b * \sum X =$	-4125
Numerador de a:	20275
a=	4055

**Formulas:**

$$n\sum XY - \sum X * \sum Y$$

b =

$$n\sum X^2 - (\sum X)^2$$

a=

$$\sum y - b\sum x$$

n

**Proyección de años sin proyecto**

<b>Ecuación de la recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= 2022	a	+	(b * X)	
Y=	4055	+	-275	X
Y=	4055	+	-275	6
Y=	2405 Bajo rendimiento de azúcar en toneladas ingenio Pantaleón			

<b>Ecuación de la recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= 2023	a	+	(b * X)	
Y=	4055	+	-275	X
Y=	4055	+	-275	7
Y=	2130 Bajo rendimiento de azúcar en toneladas ingenio Pantaleón			

<b>Ecuación de la recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= 2024	a	+	(b * X)	
Y=	4055	+	-275	X
Y=	4055	+	-275	8
Y=	1855 Bajo rendimiento de azúcar en toneladas ingenio Pantaleón			

<b>Ecuación de la recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= 2025	a	+	(b * X)	
Y=	4055	+	-275	X
Y=	4055	+	-275	9
Y=	1580 Bajo rendimiento de azúcar en toneladas ingenio Pantaleón			

<b>Ecuación de la recta <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= 2026	a	+	(b * X)	
Y=	4055	+	-275	X
Y=	4055	+	-275	10
Y=	1305 Bajo rendimiento de azúcar en toneladas ingenio Pantaleón			

**Cuadro:** Cálculo porcentual de la Solución por año/resultado

Años	6 (2022)	7 (2023)	8 (2024)	9 (2025)	10 (2026)	Solución
Resultado						
Resultado1.(Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora.)						
Espacio físico.	1.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Recursos financieros.	1.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Contratación del personal técnico.	1.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Designación de funciones.	1.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Supervisión.	1.00%	2.50%	0.50%	0.50%	0.25%	
Presentación de resultados.	1.00%	2.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Resultado 2 (Se dispone del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar)						
Limpieza del área de trabajo.	2.00%	2.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Procesos estratégicos.	2.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar.	2.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Presentación de las acciones en la	2.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%	

productividad de azúcar y en toneladas de caña.					
Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar.	2.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%
Hojas de verificación.	2.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.25%
Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.	2.00%	3.00%	0.50%	0.50%	0.25%
Resultado 3.(Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado)					
Convocatoria.	2.00%	1.50%	0.50%	0.50%	0.10%
Metodología.	1.00%	1.50%	0.50%	0.50%	0.15%
Frecuencia de capacitaciones.	1.00%	1.50%	0.25%	0.25%	0.25%
Limpieza del área de trabajo.	2.00%	1.50%	0.25%	0.25%	0.25%

Procesos estratégicos.	1.00%	1.50%	0.50%	0.50%	0.25%	
Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña.	1.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar.	1.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá.	1.00%	1.00%	0.50%	0.50%	0.25%	
Total	30.00%	45.00%	10.00%	10.00%	5.00%	100.00%

**Descripción de cómo se implementaron los datos de la proyección con proyecto**

El procedimiento se realizó con la frecuencia de cada actividad propuesta en los tres resultados en base al porcentaje descrito en el Modelo de investigación y proyectos: Dominó que es de 75% para el segundo año después de implementado el Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar por lo tanto para los 3 años restantes, se propuso el porcentaje de 10% , 10% y 5%

para completar el cien por ciento de la propuesta a proyectar como solución a la problemática

**Proyección con proyecto**

Año a proyectar	=	Año anterior	más o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
Y (2022)	=	Y(2021)	+	30%	=
Y (2022)	=	2800	+	840	3640
Y (2022)	=	3640	Rendimiento de azúcar en toneladas		

Y (2023)	=	Y(2022)	+	45%	=
Y (2023)	=	3640	+	1638	5278
Y (2023)	=	5278	Rendimiento de azúcar en toneladas		

Y (2024)	=	Y(2023)	+	10%	=
Y (2024)	=	5278	+	527.80	5805.80
Y (2024)	=	5805.80	Rendimiento de azúcar en toneladas		

Y (2025)	=	Y(2024)	+	10%	=
Y (2025)	=	5805.80	+	580.58	6386.38
Y (2025)	=	6386.38	Rendimiento de azúcar en toneladas		

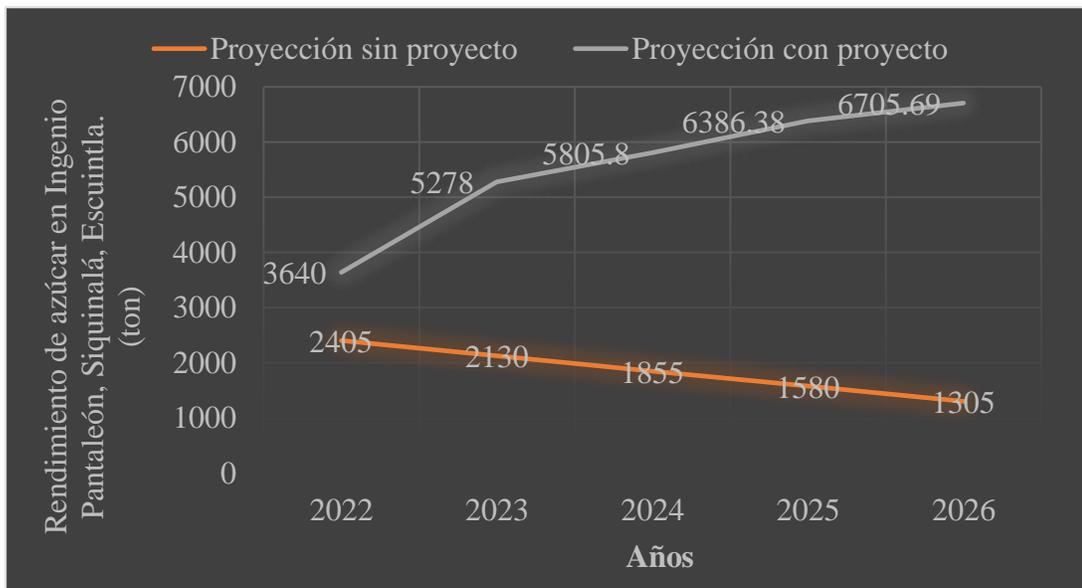
Y (2026)	=	Y(2025)	+	5%	=
Y (2026)	=	6386.38	+	319.31	6705.69
Y (2026)	=	6705.69	Rendimiento de azúcar en toneladas		

**Cuadro:** Comparativo sin y con proyecto

Año	Sin proyecto	Con proyecto
2022	2405	3640
2023	2130	5278
2024	1855	5805.80
2025	1580	6386.38
2026	1305	6705.69

Fuente: Pérez, 2021

**Gráfica:** Rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla del comportamiento de la problemática sin y con proyecto.



Fuente: Pérez, 2021.

**Análisis:** Se puede apreciar en la información anterior, que; de no llevar a cabo el Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, el bajo rendimiento seguirá y para el año 2026 será de 1,305 toneladas; si se aplica la propuesta la producción aumentará y para el mismo año será de 6,705 toneladas con 69 Kg.

Kelvin Valentin Pérez Corado

**TOMO II**

PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN,  
PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO  
PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Asesor General Metodológico  
Ingeniero Agrónomo. Juan Pablo Gramajo Pineda

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe Final de Graduación

PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN,  
PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO  
PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Kelvin Valentin Pérez Corado

En el acto de investidura previo a su graduación como Ingeniero Industrial con  
énfasis en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Informe Final de Graduación

PLAN DE MEJORA CONTINUA PARA LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN,  
PREPARACIÓN, Y ELABORACIÓN DE AZÚCAR EN INGENIO  
PANTALEÓN, SIQUINALÁ, ESCUINTLA.



Rector de la Universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería:

Ing. Luis Adolfo Martínez Díaz

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, octubre de 2022.

Este documento es presentado por el autor, previo a obtener el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables en el grado académico de Licenciado.

## **Prólogo**

Como parte del programa de graduación y en cumplimiento con lo establecido por la Universidad Rural de Guatemala, se realizó la Propuesta de Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

Previo a optar al título universitario de Ingeniería Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, por lo que fue necesario realizar la investigación con los colaboradores, gerente de producción, supervisores y técnicos de producción del Ingenio Pantaleón.

Existen razones prácticas para llevar a cabo la investigación, el servir como fuente de consulta para estudiantes y profesionales que necesiten la información de este tema, brindar solución a alguna entidad productiva con situaciones similares, promover el cumplimiento del plan basado en los conocimientos de Ingeniería Industrial, que se adquirieron en las clases universitarias de esta manera se pretende que la investigación sea de uso único para situaciones similares.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados los cuales son: Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora, se dispone de Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla y se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado.

El propósito fundamental del trabajo de investigación es lograr aumentar la producción de azúcar a través de la Mejora Continua y eficientizar los procesos de preparación, extracción y elaboración de azúcar, por lo cual, es necesario implementar y dotar de un documento específico que contenga alternativas de solución al problema encontrado para alcanzar los objetivos propuesto.

## **Presentación**

Este trabajo de graduación a nivel de licenciatura se presenta con el título “Plan de Mejora Continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla”, este hace un abordaje sobre la situación al investigar la problemática de los deficientes procesos en preparación, extracción y elaboración de azúcar en inversión de sacarosa dentro del ingenio.

Por lo que el presente informe es presentado a través de la investigación de sus causas, sus efectos y posibles soluciones, esto permitió corroborar el bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, como consecuencia principal los deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, como medio para solucionar la problemática se propuso establecer un plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, que contribuya a incrementar la producción de azúcar.

La función de la implementación de la propuesta para la producción de azúcar y mejora en los procesos son las directrices que tiene que cumplir el plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar lo cual se basa en reportes del departamento de ventas, producción y mantenimiento e informes estadísticos de la unidad ejecutora con el único fin de aumentar la producción de azúcar y mejorar los procesos, en el menor tiempo posible, de esta manera se evitará que el problema sea cada vez más severo.

La actividad investigativa que se realizó, sirve como aporte para lograr aumentar la producción de azúcar lo que afecta al ingenio, de igual manera, se presenta el fortalecimiento para la unidad ejecutora que en este caso corresponde a la Gerencia general, ayudará con la materialización y evolución de la propuesta en general y un programa de capacitación para los colaboradores.

## Índice

No.	Contenido	Pagina
	Prólogo	
	Presentación	
I.	RESUMEN.....	1
II.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	11
	ANEXOS	

## I. RESUMEN

El siguiente resumen relata todo lo concerniente, con la investigación de una forma breve, precisa y razonable para que el lector conozca todo lo realizado en el trabajo de tesis el cual se conforma con la metodología, métodos técnicas, entrevistas, cuestionarios, censos, proyección ecuación de la línea recta, temas doctrinarios los cuales forma parte del primer tomo a si mismo cuadros y graficas elaboradas y tabuladas con su respectivo análisis por el autor, como las respectivas conclusiones y recomendaciones para que el lector tenga una idea de cómo se llevó a cabo la propuesta planteada.

El segundo tomo consiste en presentar a manera de síntesis la información y datos más relevantes de la investigación, asimismo, anexas el planteamiento de la propuesta de solución, la matriz de estructura lógica del trabajo investigativo y el presupuesto de cada resultado y el presupuesto general de la propuesta u otros anexos que son de importancia para el presente trabajo, y para darle solución a la problemática encontrada en la ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, por lo tanto se presenta lo siguiente.

### **Planteamiento del problema**

La investigación realizada permite describir de la siguiente manera que la problemática encontrada en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, es originada y formada por el efecto o variable dependiente, el problema central y la causa principal o variable independiente.

El efecto se identifica como el bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por el corte inadecuado en la caña el pérdida de tiempo en el transporte y el aumento de la acción microbiana de parte de la caña de azúcar y la relación con el equipo industrial de producción de azúcar del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

El problema central de esta investigación está centrado en los deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, este problema se identificó al momento de visitar el ingenio, en especial el área de preparación, extracción y elaboración de azúcar de dicho lugar los afectados ante esta problemática de manera directa son los colaboradores por lo tanto, se menciona que se debe de mantener el quipo mecánico en óptima condición y evitar los paros no programados para evitar pérdidas en la producción, por lo mencionado se describe la siguiente causa.

Inexistencia de plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla. esto ha generado pérdidas económicas para el ingenio desde las pérdidas que se generan en los terrenos que se corta la caña, la filtración y clarificación del jugo y en el proceso final de la elaboración de azúcar, esto ha desencadenado muchos factores, como la disminución de la producción de toneladas de azúcar de dicho ingenio, por lo que al aplicar la propuesta del Plan de Mejora Continua, sería la idea más sensata para poder solucionar la problemática del problema planteado en la investigación realizada.

### **Hipótesis**

La hipótesis se realizó al analizar el árbol de problemas, la cual se construyó a partir del efecto, más el problema y la causa para la hipótesis casual, A diferencia de la hipótesis interrogativa que se creó de la causa, más problema y por último el efecto, dicha investigación se realizó en las instalaciones del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **Hipótesis causal**

“El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos”.

### **Hipótesis interrogativa**

¿Es la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos, por deficiente proceso de extracción, preparación y elaboración de azúcar, la causante del bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos cinco años?.

### **Objetivos**

Con la finalidad de poder darle una solución a la problemática estudiada y contribuir a la solución de los problemas encontrados, se trazaron objetivos. Los aspectos negativos del árbol de problemas se convirtieron en propósitos y fines.

### **Objetivo general**

Logra aumentar el rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **Objetivo específico**

Eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **Justificación**

En el trabajo de investigación se hace notar que desde el año 2017, que el bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, refleja la necesidad de implementar un plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar.

De acuerdo con los datos de los últimos cinco años, se puede deducir que el bajo rendimiento en producción de azúcar se ha incrementado y los datos obtenidos del año 2021 describen que se obtendrá un rendimiento más bajo el cual equivale a 2,800 toneladas de azúcar por lo tanto se empeora la situación.

Según la gráfica comparativa sin propuesta nos indica que si la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, no se implementa para el año 2022, se genera un bajo rendimiento más grave en la producción de azúcar en 2405 toneladas de esta manera se hace la comparación del año 2021 y se obtiene 395 toneladas menos y que para el año 2026 se obtendrá una producción de 1305 toneladas de azúcar.

Por medio del cálculo de la proyección realizada se determinó que si la propuesta se aplica al segundo año, de implementado el Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se aumenta la producción de azúcar en un 75%, lo que equivale a 4209, toneladas para el año 2022 por lo que será de beneficio para la empresa y se logra eficientizar los procesos de producción.

De esta manera si la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla se implementa para el año 2026 se obtendrá un aumento en la producción de 5347 toneladas de azúcar significativa se justifica la propuesta planteada en la investigación y se lograría el 100% de solución a la problemática encontrada.

### **Metodología**

La metodología es una pieza esencial de toda investigación (método científico) que sigue a la propedéutica ya que permite sistematizar los procedimientos y técnicas que se requieren para concretar el desafío que en esta caso es la propuesta planteada en el ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

### **Métodos**

Los métodos utilizados variaron en relación a la formulación de la hipótesis y la comprobación de la misma, por lo tanto se prestan los métodos que se utilizaron para la formulación de la hipótesis formulada en la investigación.

## **Métodos utilizados en la formulación de la hipótesis**

### Método Deductivo

Para la información de la hipótesis el método principal fue el deductivo, el cual permitió conocer aspectos generales sobre bajo rendimiento en producción de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, por medio de distintas técnicas las cuales serán descritas, posteriormente se procedió a la formulación de la hipótesis planteada en la investigación realizada.

### Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica

Este permitió identificar la variable dependiente e independiente de la hipótesis, además de establecer el área de trabajo y el tiempo estipulado para desarrollar la investigación, además la diagramación de la hipótesis se encuentra en los anexos “1 y 2 del presente documento.

El método del marco lógico permitió encontrar el objetivo general y el específico de la investigación; y nos ayudó a establecer la denominación del trabajo en cuestión.

## **Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis**

Los métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis fueron los siguientes: Inductivo, Estadístico y Síntesis.

### Método Inductivo

Con este método se obtuvieron resultados específicos , particulares de la problemática identificada; esto permitió diseñar conclusiones y premisas generales, a partir de tales resultados específicos o particulares.

### Método de Síntesis

Cuando se interpretó la información, se utilizó el método de síntesis, para obtener las conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; el que sirvió,

además, para hacer congruente la totalidad de la investigación, con los resultados obtenidos producto de la investigación de campo realizada.

#### Método Estadístico

Después de recabar la información contenida en las boletas, se procedió a tabularlas; para cuyo efecto se utilizó el método estadístico y el método de análisis. Estos métodos consisten en interpretar los datos tabulados, en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, que tienen como objeto la comprobación de la hipótesis previamente formulada.

#### **Técnicas**

Las técnicas empleadas, tanto en la formulación como en la comprobación de la hipótesis, se expusieron anteriormente; pero éstas variaron de acuerdo a la etapa de la formulación de la hipótesis y a la comprobación de la misma; así: Como se describió en el apartado (1.5.1 Métodos) La lluvia de ideas la observación directa, la investigación documental así como la entrevista a las personas relacionadas directamente con la problemática

#### **Técnicas que se utilizaron para la formulación de hipótesis**

las técnicas empleadas en la formulación de la hipótesis fueron: son las herramientas que se detallan a continuación:

**Lluvia de Ideas:** Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática por parte de los Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción del Ingenio Pantaleón Siquinalá, Escuintla.

**Observación Directa:** Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba desde el área de campo hasta el área de producción de Azúcar del Ingenio Pantaleón Siquinalá, Escuintla.

Investigación Documental: Se utilizó para no duplicar documentos, así mismo para obtener aportes y puntos de vista de otros investigadores sobre la problemática, para fundamentar el marco teórico.

Entrevista: Realizada para obtener datos sobre la hipótesis, se entrevistó a los 25 colaboradores del departamento de producción y a los Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción, siete personas en total con el objetivo de que busquen posibles soluciones a la problemática que se posee.

### **Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis**

Para la comprobación de la hipótesis se aplicaron las siguientes herramientas:

Censo:

Las poblaciones que se utilizaron son menores a 35 personas, ya que se elaboró un censo, para la comprobación del efecto que fue dirigido a 25 colaboradores del departamento de producción del Ingenio, con el 100% de nivel de confianza y 0% de error.

También se trabajó la técnica del censo, en la variable causa con el 100% de nivel de confianza y 0% de error, se realizó a Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción, siete personas en total.

Cuestionario: Se realizó para investigar el efecto (Variable dependiente “Y”) y la causa (Variable independiente “X”), se distribuyó el mismo a la muestra para posteriormente ser tabulados.

Encuesta: Se elaboraron dos boletas de encuesta, para comprobar la variable dependiente a los 25 colaboradores del área de producción “Y” o (Efecto) e independiente al Gerente de producción, Supervisores y Técnicos de producción 7 personas en total para “X” (Causa) de la hipótesis.

Cálculo de la muestra: Es una representación de la población en general, con características y atributos similares, se utiliza si la población es mayor de 35 elementos, en este caso no se utilizó porque la población es menor por lo tanto se realizó censo para la población del efecto como para la población de la causa .

Coefficiente de correlación: es un indicador estadístico que nos indica el grado de correlación de dos variables; es decir el comportamiento gráfico de las mismas, para trazar la ruta para proyectar dichas variables, las cuales se utilizaron los datos de los últimos cinco años del bajo rendimiento en producción de azúcar por inversión de sacarosa en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla con los parámetros establecidos de  $\geq \pm 0.80$  y  $\leq \pm 1$ ; de esta manera se obtuvo el resultado de  $r = 0.95$ , lo que indica que se relacionan entre sí y se comprueba el efecto al desarrollar el cálculo correspondiente.

Ecuación de línea recta: Se utilizó para proyectar el impacto que genera la problemática estudiada, y conforme a los datos utilizados para calcular el coeficiente de la correlación se realizó el planteamiento matemático estadístico con los datos de los últimos cinco años, para inferir una proyección que indique el cálculo de los próximos cinco años que puede causar un impacto negativo o positivo para el ingenio, Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los próximos cinco años.

**A continuación, se resumen los tres resultados que integran la propuesta.**

**Resultado 1:** Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora (ingenio Pantaleón).

Es la encargada de todas las actividades relacionadas con Plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, es la que rige todos los procesos de operación de

campo y administrativos y establece una serie de actividades para el correcto funcionamiento de la entidad mencionada.

- Actividad 1. Espacio físico
- Actividad 2. Recursos Financieros
- Actividad 3. Contracción de personal
- Actividad 4. Designación de funciones
- Actividad 5. Supervisión
- Actividad 6. Presentación de resultados

**Resultado 2: Se dispone del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar.**

El resultado se basa a través de aumentar el rendimiento de azúcar en el proceso productivo, de azúcar desde la siembra del cultivo hasta el traslado de la caña a la fábrica debido a esta situación se desarrollan las siguientes actividades:

- Actividad 1. Limpieza del área de trabajo
- Actividad 2. Procesos estratégicos
- Actividad 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar
- Actividad 4. Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña
- Actividad 5. Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar
- Actividad 6. Hojas de verificación
- Actividad 7. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla

**Resultado 3: Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado.**

El resultado tres es un programa de proceso formativo y de enseñanza dirigida a al Gerente de producción, supervisores, técnicos de producción y colaboradores del área

de fabricación del Ingenio, Pantaleón Siquinalá, Escuintla. para mejorar sus conocimientos y con el propósito de instruirlos adecuadamente en las nuevas técnicas para reducir la pérdida de sacarosa, por lo que a continuación se describen las siguientes actividades a realizar.

Actividad 1. Convocatoria de capacitación

Actividad 2. Metodología.

Actividad 3. Frecuencia de capacitaciones

Actividad 4. Temas a capacitar

Módulo I: Limpieza del área de trabajo

Módulo II: Procesos estratégicos

Módulo III: Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar

Módulo IV: Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña

Módulo V: Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar

Modulo VI: Hojas de verificación

Modulo VII: Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla

Del mismo modo se obtuvo la principal conclusión que es la siguiente: Ha existido un bajo rendimiento en la producción de azúcar por inversión de sacarosa, en los últimos cinco años

Y la principal recomendación es: Se debe aumentar la producción de azúcar por inversión de sacarosa, por medio de un plan elaborado.

## **II. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

La investigación se realizó en el ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla; Sobre el bajo rendimiento en producción de azúcar por deficientes procesos, en el área de extracción preparación y elaboración de azúcar, por lo que se llegó a la siguiente conclusión y recomendación.

### **II.1. Conclusión**

Se comprueba la hipótesis siguiente: “El bajo rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, en los últimos 5 años, por deficientes procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar, se debe a la inexistencia de plan de mejora continua para los procesos” con el 100% de nivel de confianza y el 0% de margen de error.

### **II.2. Recomendación**

Implementar la Propuesta de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

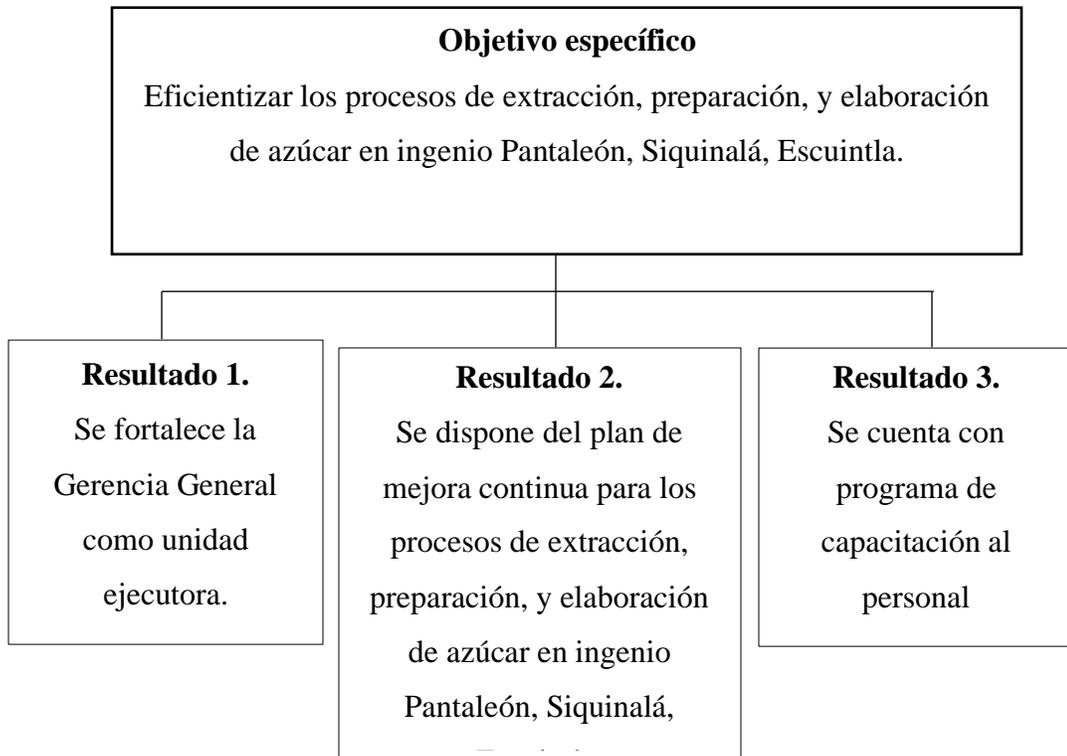
## ANEXOS

### Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática

#### Introducción

La unidad ejecutora (La oficina de gerencia general del ingenio) es la encargada de velar por que se cumpla con la implementación de la propuesta y de proveer todo lo concerniente al plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, para apoyar la solución de la problemática, también se desarrollan los siguientes resultados.

#### Diagrama del medio de solución de la problemática.



## **Resultado 1. Se fortalece la Oficina de Gerencia como unidad ejecutora.**

### **Actividad 1. Espacio físico.**

Es necesario contar con una oficina de 12 metros cuadrados la cual estará ubicada dentro del terreno del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, para poder instalar ampliamente al personal administrativo y equipo del personal técnico de la unidad ejecutora.

### **Actividad 2: Recursos financieros.**

El ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, proporcionara los recursos necesarios para la implementación de la propuesta Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar a través de la solicitud del Gerente general con el dictamen de los departamentos financiero, mantenimiento se realizó la petición a la junta directiva del ingenio quienes le informaron al contador del ingenio asignar el presupuesto necesario con el objetivo de reducir la pérdida de sacarosa en los equipos de producción.

**Actividad 3. Contratación de personal:** Deberá ser contratado según el perfil deseado un Ingeniero Industrial con énfasis en recursos naturales para que pueda cumplir con los objetivos respecto a brindar la capacitación a los de operadores de equipo de producción de azúcar del ingenio Pantaleón, y llevar acabo la propuesta planteada.

**Actividad 4. Designar funciones:** El ingeniero industrial tiene la tarea de organizar, planificar y llevar el control de las actividades que se realicen en la implementación del Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio, además que debe evaluar los resultados de las actividades y servir de solución ante los posibles problemas que puedan presentarse durante la implementación de la propuesta.

**Actividad 5. Supervisión:** Debe llevar a cabo supervisiones exhaustivas de las actividades que se realicen con el objetivo de que el plan se cumpla a cabalidad y que se cumpla con las normas de seguridad industrial.

**Actividad 6. Presentación de resultados.** Se debe dar a conocer a la junta directiva del ingenio Pantaleón los resultados que se obtuvieron en la realización de las funciones asignadas en el proceso de extracción, preparación, y elaboración de azúcar y la experiencia de los operadores del equipo de producción en base a los análisis y los informes que se deberán presentar.

**Resultado. 2. Se dispone de Plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.**

**Actividad 1. Limpieza del area de trabajo**

Identificar fugas, fuentes de contaminación y mala lubricación, mediante una limpieza general del equipo de fabricación de azúcar, para evitar la pérdida de materia prima en pocas palabra revisar toda la maquinaria relacionada con el proceso de producción de azúcar así reducir el bajo rendimiento de azúcar de los últimos años en el área de fabricación del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

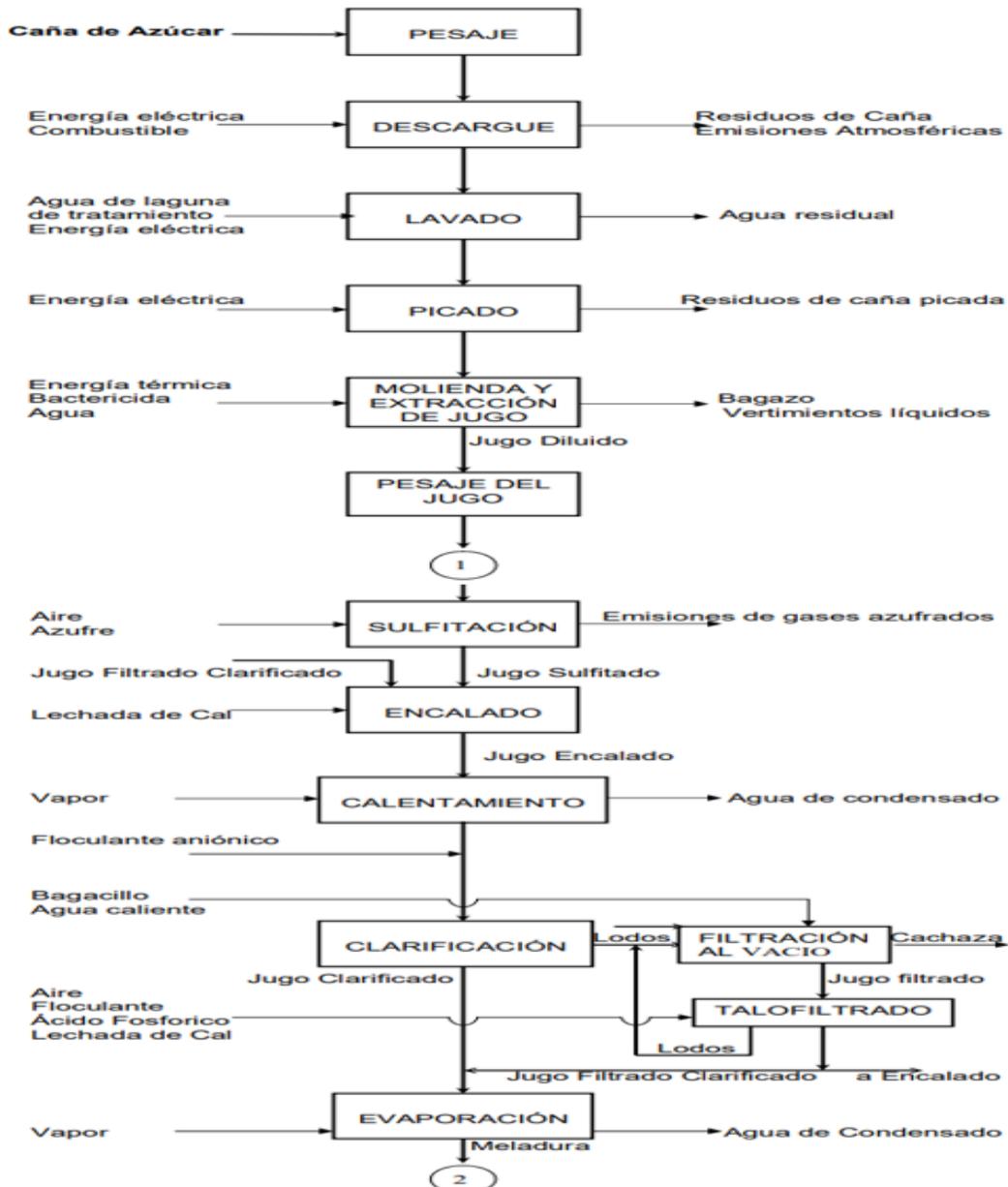
**Actividad 2. Procesos estratégicos**

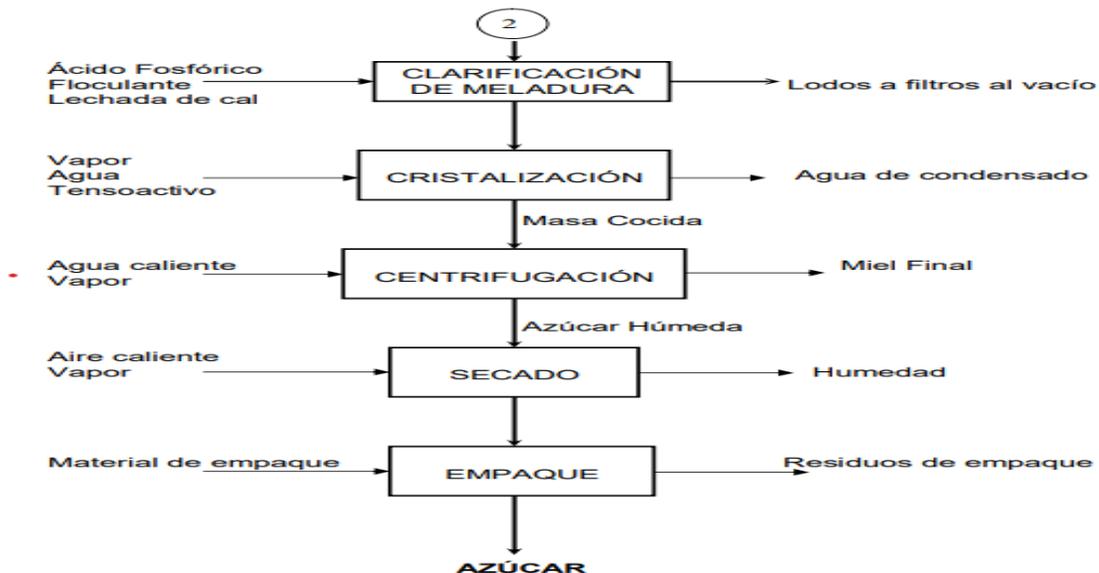
Corresponde a los procesos que relacionan la gestión del ingenio con el entorno y la manera en que se toman las decisiones para la planificación y mejora de los procesos de fabricación de azúcar los procesos estratégicos son los siguientes planificación de gestión del sistema integral de los procesos y manejos de la caña en el campo, planificación de metas de producción y suministros de caña su función principal será la planificación de la fabricación de azúcar y hacer los calendarios de acuerdo a los requerimientos de ventas.

### Actividad 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar

El azúcar se produce en el campo y se cristaliza en la fábrica a través de diferentes procesos, que logran en finos cristales, el proceso se inicia con la adecuación del campo y el estudio del suelo, para luego sembrar la caña y luego trasladarla a la fábrica para su producción.

#### Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar





**Actividad 4. Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña.** Estas acciones deberán de ser planificadas con su respectiva definición operacional y acompañado de las dimensiones que permiten conocer los indicadores que nos permiten medir las acciones planteadas.

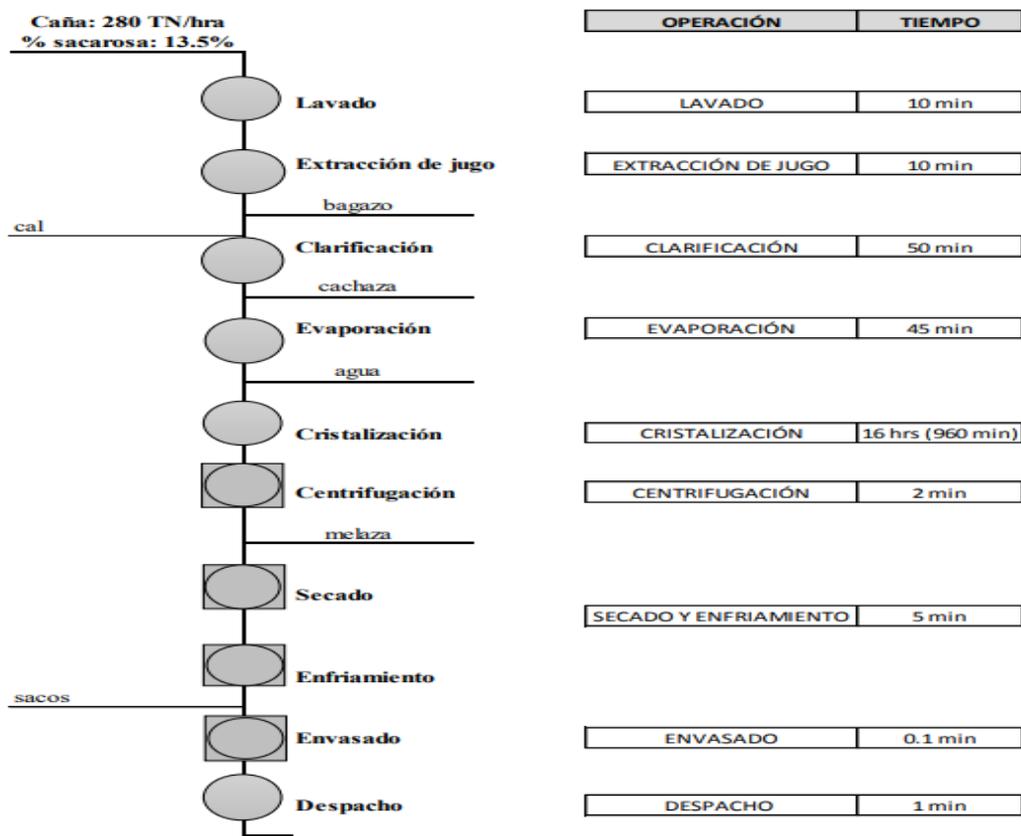
Cuadro de las acciones en productividad de azúcar y en toneladas de caña

Acciones	Planificación	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Propuesta de mejora en el proceso de producción de azúcar	Acciones de mejora para incrementar la productividad de azúcar en Ingenio Pantaleón, Siqinalá, Escuintla.	Etapas del proceso de producción que cuentan con tiempos estándar	Estudio de tiempos	$\frac{\text{Etapas estandarizadas}}{\text{Total de etapas del proceso}} \times 100\%$
		Planeación de los materiales para el proceso de producción	MRP	$\frac{\text{Materiales faltantes}}{\text{Materiales totales}} \times 100\%$
		Retraso en llegada de materiales e insumos	Gestión de Proveedores	$\frac{\text{Retraso llegada materiales}}{\text{mes}}$
		Etapas del proceso de producción a supervisar	Programa de supervisión	$\frac{\text{Etapas supervisadas}}{\text{Etapas totales}} \times 100\%$
Productividad en la caña de azúcar	TM de azúcar obtenida a partir de las TM de caña procesadas	Nivel de logro de la producción programada	Eficacia	$\frac{\text{Producción real}}{\text{Producción programada}} \times 100\%$
		Mide el ritmo de molienda de la materia prima por día	Eficiencia	$\frac{\text{TM en molienda al año}}{\text{Total de días trabajados al año}}$

### Actividad 5. Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar

A continuación, se presenta el Diagrama de operaciones del proceso de producción de azúcar mejorado para el área de fabricación del ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla, con 280 toneladas de caña por hora donde se contabilizan 1084 minutos equivalente a 18 horas con 4 minutos.

#### Diagrama de operaciones proceso de producción de azúcar



### Actividad 6. Hojas de verificación

Para el control del uso apropiado de los recursos productivos y del cumplimiento de los estándares de calidad que debe tener cada etapa del proceso, se propone establecer las hojas de verificación, estas hojas de verificación deben ser llenadas por el supervisor o el responsable del área cada vez que se inicie la producción de un tipo

determinado de azúcar, la siguiente figura muestra la hoja de verificación para la supervisión de cada etapa, con los estándares mínimos que deben cumplir.

### Hoja de verificación de etapas del proceso

HOJA DE VERIFICACIÓN - Empresa Agroindustrial			
Tipo azúcar			
Supervisor:			
Fecha :			
<b>NOTA:</b> Marcar con una X en la columna SI, si el estándar se cumple o en la columna NO, si no se cumple			
ETAPA	SI	NO	Observaciones
Lavado			
Extracción del jugo			
Clarificación			
Evaporación			
<b>Cristalización</b>			
Centrifugación			
Secado			
<b>Enfriamiento</b>			
Envasado			
Despacho			

### Actividad 7. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla:

Esta programación coordina las actividades de mantenimiento, con un calendario de actividades que ayuda a establecer prioridades en la atención de equipos, de producción de azúcar.

#### Acción 1. Clasificación de las tareas a realizar para el equipo de producción:

El programa de mantenimiento en las áreas de patio de caña y molinos se dividen en cuatro actividades que son: Mecánicas, Instrumentación, Eléctricas y Lubricación Pudiendo con esto diferenciar el oficio del trabajador al que se le debe asignar una

tarea específica, seguidamente, dependiendo del tipo de trabajo que se va a efectuar, se agrupan las siguientes acciones que contribuyen al buen funcionamiento del equipo.

**Acción 2. Limpieza:** todas las tareas destinadas a mantener los componentes sub-equipos libres de cualquier suciedad o impureza que perjudique su correcto funcionamiento.

**Acción 3. Revisión de vibración y soldadura:** Para evitar los fallos inesperados se harán revisiones de vibración y soldadura a aquellas tareas que consistan en comprobar el correcto funcionamiento de un componente o sub-equipos determinado.

**Acción 4. Revisiones termográficas:** la termografía infrarroja permitirá realizar un mantenimiento periódico programado para comprobar la situación de las conexiones y los desequilibrios en las fases de un sistema trifásico, en las instalaciones térmicas, para verificar las calderas también para realizar el análisis de la situación de funcionamiento en los circuitos de vapor donde los purgadores son elementos críticos.

**Acción 5. Mantenimiento eléctrico:** se utilizan múltiples equipos que hemos agrupado bajo el epígrafe de instrumentos eléctricos, entre ellos podemos destacar los siguientes: Multímetros, Pinzas de corriente, Cámaras termográficas, Medidores de aislamiento, Comprobadores de instalaciones, Medidores de tierras, Micróhmetros, Analizadores de motores y variadores de velocidad, Osciloscopios portátiles, Analizadores de calidad eléctrica, Analizadores de baterías.

**Acción 6. Programa de lubricación :** Se procedió a realizar cartillas de lubricación para los activos críticos donde se especifica el componente, equipo y la tarea, además del lubricante y la frecuencia, el procedimiento de lubricación a los equipos, estará dirigida por el Ingeniero.

### **Resultado 3. Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado**

#### **Actividad 1: Convocatoria de capacitación.**

Se realiza una convocatoria para la capacitación de Gerente de producción, supervisores, Técnicos de producción y colaboradores del Ingenio con el fin de instruirlos para mejorar sus conocimientos sobre el Propuesta Plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.

#### **Actividad 2: Metodología**

Definición de la metodología para el programa de capacitación, la metodología será la siguiente: Desarrollo del tema, Talleres de aprendizaje, Técnicas a utilizar, Resolución de dudas, conclusión del tema, Evaluación de desempeño de parte del técnico capacitado por el ingeniero quien será el encargado de transmitir los conocimientos adquiridos con el apoyo de la proyección de videos para mejor entendimiento de la propuesta.

#### **Actividad 3. Frecuencia de capacitaciones.**

Con el fin de evitar la monotonía y el desincentivo de las personas a capacitar se implementarán las capacitaciones de una manera escalonada, a tal grado de implementar dos capacitaciones al mes por tres meses en el primer año con duración de 8 horas.

#### **Actividad 4. Módulo I: Limpieza y orden en el area de trabajo**

<b>Objetivo:</b>		
<b>Temas a sensibilizar y capacitar:</b>		
Importancia	Ventajas	Material y equipo
Uso de herramienta		Fomento del orden y la limpieza
<b>Responsable:</b> Técnico capacitado		<b>Duración :</b> 6 horas

**Actividad 5. Módulo II: Procesos estratégicos.**

<b>Objetivo:</b> Conocer los procesos estratégicos	
<b>Temas a sensibilizar y capacitar:</b>	
Planificación de producción de azúcar	Planificación de toneladas de caña para producir azúcar
<b>Responsable:</b> Técnico capacitado	<b>Duración :</b> 6 horas

**Actividad 6. Módulo III: Acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña**

<b>Objetivo:</b> Tener conocimiento de las acciones a realizar en la producción de azúcar	
<b>Temas a sensibilizar y capacitar:</b>	
Mejoramiento en la siembra de caña	Reducción de sacarosa en proceso de azúcar
<b>Responsable:</b> Técnico capacitado	<b>Duración :</b> 6 horas

**Actividad 7. Módulo IV: Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar**

<b>Objetivo:</b> Mejorar los tiempos de producción de azúcar		
<b>Temas a sensibilizar y capacitar:</b>		
Índices de producción	Estudio de tiempos y movimientos	Pérdida de tiempo
<b>Responsable:</b> Técnico capacitado		<b>Duración :</b> 6 horas

**Actividad 8. Módulo IV: Programa de mantenimiento ha equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla**

<b>Objetivo:</b> Mejorar el mantenimiento de equipos de fabricación de azúcar		
<b>Temas a sensibilizar y capacitar:</b>		
Estudio de vibración y soldadura	Utilización de aparatos termográficos	
Sistema eléctrico	Programa de lubricación	Cultura de limpieza
<b>Responsable:</b> Técnico capacitado		<b>Duración :</b> 6 horas

**Anexo 2. Matriz de la estructura lógica**

COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
<p><b>Objetivo general.</b> Logra aumentar el rendimiento de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p>Al segundo año de ejecutado el plan de mejora continua, se logra aumentar el rendimiento de azúcar en un 75%.</p>	<p>Reportes de rendimiento, informes de unidad ejecutora, entrevista a operadores</p>	<p>la gerencia brinda el apoyo a los operarios de equipos para aumentar el rendimiento.</p>
<p><b>Objetivo específico:</b> Eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.</p>	<p>Al primer año de implementado el plan de mejora continua, se logra eficientizar los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar en un 75%.</p>	<p>Reportes del departamento de producción y informes de la unidad ejecutora.</p>	<p>La Gerencia General actualiza e implementa mejoras a los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar cada año.</p>
<p><b>Resultado 1:</b> Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora.</p>			

<p><b>Resultado 2:</b> Se dispone del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar</p>			
<p><b>Resultado 3:</b> Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado</p>			

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022.

**Anexo 3. Ajustes de costos y tiempos.**

**Anexo 3.1. Resultado 1.**

No.	Resultados y Actividades	Salario	Insumos requeridos			Código presupuesto	Tiempo
			Números y descripción de insumos	Precio unitario (Q)	Total en quetzales (Q)		
1.	R1: Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora.						
1.2	Actividad 1. Espacio físico.		Oficina de 12 metros cuadrados	150.00	21,600.00	CDO-01	M 1, 2 T1 A1
1.3	Actividad 2. Recursos Financieros.		Departamento financiero asigna los fondos			DPF-02	M 1 T1 A1
1.4	Actividad 3. Contracción de personal.	7,000.00	Ingeniero encargado de la propuesta	7,000.00	7,000.00	CTP-03	M 1 T1 A1

1.5	Actividad 4. Designación de funciones.		Instrumentos de guías para funciones 25 folletos	1.50	37.50	IGF-04	M 1,2 T 2, 3 A1
1.6	Actividad 5. Supervisión.		Gasto de gasolina por motocicleta	37.00	111.00	GGM-05	M 3 T1,2, 3, 4 A1
1.7	Actividad 8. Presentación de resultados.		2 Horas de alquiler de computadora y proyector de imagen	150.00	300.00	ACPI-08	M3 T 2, 4 A1
<b>Total</b>					<b>29,048.50</b>		

**Anexo 3.2. Resultado 2.**

No.	Resultados y Actividades	Salario	Insumos requeridos			Código presupuesto	Tiempo
			Números y descripción de insumos	Pr ec io un ita rio (Q )	Total en quetzales (Q)		

2.	R2: Se dispone del plan de mejora continua para los procesos de extracción, preparación, y elaboración de azúcar						
2.1	Actividad 1. Limpieza del área de trabajo		02 Horas de renta de equipo Proyector de imagen para planificación	15 0. 00	300.00	ACPI-08	M 2 T4 A1
2.2	Actividad 2. Procesos estratégicos		Planificación de producción de azúcar y caña			PFA-001	M 2 T4,1,2, A1
2.3	Actividad 3. Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar		Hojas de papel bond	0. 50	9,000.00	CM-002	M 2 T4,1,2 A1
2.4	Actividad 4. Presentación de las acciones en la productividad de		Hojas de estudio sobre buenas prácticas agrícolas y técnico preparado	7, 50 0. 00	15,000.00	CBL-003	M 1,2,3, T1 A1

	azúcar y en toneladas de caña						
2.5	Actividad 5. Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar		Adquisición de equipo para tomar tiempo y capacitación	18,300.00	18,300.00	CEL-004	M 1 T1 A1
2.6	Actividad 6. Hojas de verificación		Capacitaciones 2 Horas de renta de equipo Proyector de imagen para planificación	1500.00	300.00	ACPI-08	M 1 T1 T2 T3T4 A1
	Actividad 7. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla		Hojas de trabajo	300	15.00	P-06	M 1,2,3 T3 A1
<b>Total</b>						<b>42,915.00</b>	

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022.

**Anexo. 3.3. Resultado 3.**

No.	Resultados y Actividades	Insumos requeridos					Tiempo
		Salario	Números y descripción de insumos	Precio unitario (Q)	Total en quetzales (Q)	Código presupuesto	
2.	R 3: Se cuenta con programa de capacitación al personal involucrado						
2.1	Actividad 1: Convocatoria		Gerente de producción, supervisores, Técnicos de producción y colaboradores del Ingenio			CVA-001	M 1 T1 A1
2.2	Actividad 2: Metodología.		2 mermas de hojas papel bond	20	40.00	MT-010 P-06	M 1, T1, A1
			27 Lapiceros	1.50	40.50	LPC-002	
			27 Lápices	1.00	27.00	LPS-003	
			27 Folletos guías	3.00	81.00	I-07	
			15 mesas				
			30 sillas	5.00	75.00	MES-0007	

				2.00	60.00	SIL-008	
2.3	Actividad 3: Frecuencia de capacitaciones.		8 Horas de renta de equipo de cómputo	150.00	1,200.00	FRC-011 ACP-08	M 1, T1,2,3 A1
2.4	Actividad 4: Temas a capacitar					TDCP-008	M 1, T4 A1
2.5	Módulo I: Mejora de tiempo en traslado de caña		Pilotos de transporte			MD-I	M 1 T1,2,3 A1
2.6	Módulo II: Limpieza del área de trabajo		Personal del área de limpieza de la caña			MD-II	M 2 T1,2 A1
	Módulo III: Procesos estratégicos		Personal del área del área de extracción de jugo de caña			MD-III	M 1 T1,2 A1

	Módulo IV: Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña		Personal del área del área de extracción de jugo de caña			MD-IV	M 1 T1,2 A1
	Modulo V: Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar		Personal de laboratorio			MD-V	M 2 T1 A1
	Modulo VI: Actividad 9. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla		Personal de producción			MD-VI	M 2 T1,2 A1
	Modulo VII: Normas básicas de seguridad industrial		Personal involucrado			MD-VII	M 1,2 T1, 4 A1
<b>Total</b>							<b>1,523.50</b>

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022.

## Anexo 4. Cronograma

### Anexo 4.1. Resultado 1.

No.	Resultados y actividades	Responsable	Año 1 Trimestre														
			T1			T2			T3			T4					
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	Resultado 1:  Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora	Ingeniero encargado de la propuesta															
1.2	Actividad 1.  Espacio físico	Ingeniero encargado de la propuesta															
1.3	Actividad 2.  Recursos Financieros	Ingeniero encargado de la propuesta															
1.4	Actividad 3.  Contracción de personal	Ingeniero encargado de la propuesta															

1.5	Actividad 4. Designación de funciones	Ingeniero encargado de la propuesta																
1.6	Actividad 5. Supervisión	Ingeniero encargado de la propuesta																
	Actividad 6. Presentación de resultados	Ingeniero encargado de la propuesta																

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

**Anexo 4.1. Resultado 2.**

No	Resultados y actividades	Responsable	Año 1											
			Trimestre											
			T1			T2			T3			T4		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
2	R2: Se dispone de Propuesta Plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla													



2.5	Actividad 5. Métodos analíticos para la pérdidas de sacarosa en filtros de cachaza	Ingeniero encargado o de la propuesta													
2.6	Actividad 6. Delimitación de pérdidas de sacarosa en cachaza y vías de reducción	Ingeniero encargado o de la propuesta													
	Actividad 7. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar														

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

**Anexo 4.2. Resultado 3.**

No.	Resultados y actividades	Responsable	Año 1												
			Trimestre												
			T1			T2			T3			T4			
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3				
2	Resultado 3: Se cuenta con programa de sensibilización y capacitación														

2.1	Actividad 1: Convocatoria	Ingeniero encargado de la propuesta											
2.2	Actividad 2: Metodología.	Ingeniero encargado de la propuesta											
2.3	Actividad 3: Frecuencia de capacitaciones.	Ingeniero encargado de la propuesta											
2.4	Actividad 4: Temas a capacitar												
2.5	Módulo I: Mejora de tiempo en traslado de caña	Ingeniero encargado de la propuesta											
2.6	Módulo II: Limpieza del área de trabajo	Ingeniero encargado de la propuesta											
	Módulo III: Procesos estratégicos												

2.7	Módulo IV: Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña								
	Modulo V: Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar								
	Modulo VI: Actividad 9. Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla								
	Modulo VII: Normas básicas de seguridad industrial								

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

## Anexo 5. Presupuesto.

### Anexo 5.1. Resultado 1.

<b>Resultado1:</b> Se fortalece la Gerencia General como unidad ejecutora
--

Renglón	Componentes presupuestarios	Sub total	Total en (Q)
CDO-01	Espacio físico	150.00	21,600.00
DPF-02	Recursos Financieros		
CTP-03	Contracción de personal	7,000.00	7,000.00
IGF-04	Designación de funciones	1.50	37.50
GGM-05	Supervisión	37.00	111.00
ACPI-08	Presentación de resultados	150.00	300.00
<b>Total</b>			<b>29,048.50</b>

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

### Anexo 5.2. Resultado 2.

<b>Resultado 2:</b> Se dispone de Propuesta Plan para la reducción de pérdida de Sacarosa en los equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla.
---

Renglón	Componentes presupuestarios	Sub total	Total en (Q)
ACPI-08	Limpieza del área de trabajo	150.00	300.00
PFA-001	Procesos estratégicos		
CM-002	Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar	0.50	9,000.00
CBL-003	Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña	7,500.00	15,000.00

CEL-004	Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar	18,300.00	18,300.00
ACPI-08	Hojas de verificación	150.00	300.00
P-06	Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla	3.00	15.00
<b>Total</b>			<b>42,915.00</b>

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

### Anexo 5.3. Resultado 3.

<b>Resultado 3:</b>
Se cuenta con programa de sensibilización y capacitación

Renglón	Componentes presupuestarios	Sub total	Total (Q)
CVA-001	Convocatoria		
MT-010	Metodología.	20	40.00
		1.50	40.50
		1.00	27.00
		3.00	81.00
		5.00	75.00
		2.00	60.00
FRC-011	Frecuencia de capacitaciones.	150.00	1,200.00
<b>Total</b>			<b>1,523.50</b>

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022

### Anexo 5.4. Presupuesto general de la propuesta

<b>Resultado 1.</b>			
Renglón	Componentes presupuestarios	Sub total	Total en (Q)
CDO-01	Espacio físico	150.00	21,600.00
DPF-02	Recursos Financieros		
CTP-03	Contracción de personal	7,000.00	7,000.00
IGF-04	Designación de funciones	1.50	37.50
GGM-05	Supervisión	37.00	111.00
ACPI-08	Presentación de resultados	150.00	300.00
<b>Total del resultado 1.</b>			<b>29,048.50</b>

<b>Resultado 2</b>			
ACPI-08	Limpieza del área de trabajo	150.00	300.00
PFA-001	Procesos estratégicos		
CM-002	Diagrama de flujo del proceso de elaboración del azúcar	0.50	9,000.00
CBL-003	Presentación de las acciones en la productividad de azúcar y en toneladas de caña	7,500.00	15,000.00
CEL-004	Tiempos y operaciones de fabricación de azúcar	18,300.00	18,300.00
ACPI-08	Hojas de verificación	150.00	300.00
P-06	Programa de mantenimiento a equipos de producción de caña de azúcar en ingenio Pantaleón, Siquinalá, Escuintla	3.00	15.00
<b>Total del resultado 2.</b>			<b>42,915.00</b>

<b>Resultado 3.</b>			
---------------------	--	--	--

CVA-001	Convocatoria		
MT-010	Metodología.	20	40.00
		1.50	40.50
		1.00	27.00
		3.00	81.00
		5.00	75.00
		2.00	60.00
FRC-011	Frecuencia de capacitaciones.	150.00	1,200.00
<b>Total del resultado 3.</b>			<b>1,523.50</b>
<b>Total del resultado de la propuesta general</b>			<b>73,487.00</b>

Fuente: Pérez, Kelvin, 2022