

Edwin Antonio Sic Molina  
Adiel Cornelio Cardenas Estrada  
Alvaro Muj Vicente

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)  
EN MAQUINARIA Y EQUIPO EN INGENIO MAGDALENA, LA  
DEMOCRACIA, ESCUINTLA



Asesor General Metodológico  
Ing. Jairo Francisco Rodríguez Arévalo

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)  
EN MAQUINARIA Y EQUIPO EN INGENIO MAGDALENA, LA  
DEMOCRACIA, ESCUINTLA



Presentado al honorable tribunal examinador por:

Edwin Antonio Sic Molina  
Adiel Cornelio Cardenas Estrada  
Alvaro Muj Vicente

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

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022

Informe final de graduación

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)  
EN MAQUINARIA Y EQUIPO EN INGENIO MAGDALENA, LA  
DEMOCRACIA, ESCUINTLA



Rector de la universidad:

Doctor Fidel Reyes Lee

Secretario de la Universidad:

Licenciado Mario Santiago Linares García

Decano de la Facultad de Ingeniería

Ingeniero Luis Adolfo Martínez Díaz.

Universidad Rural de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022

Esta tesis fue presentada por los autores,  
previo a obtener el título universitario en  
Ingeniería Industrial con énfasis en  
recursos renovables en el grado  
académico de Licenciatura.

## **Prólogo**

De acuerdo al reglamento del programa de graduación de Universidad Rural de Guatemala y previo a obtener el título universitario como Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, se llevó a cabo el estudio denominado: “Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática en el área industrial de Ingenio Magdalena, por los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo.

La presente investigación tiene como finalidad ser útil a futuros estudiantes de diferentes universidades del país como fuente de consulta, se incluyen los resultados obtenidos en la investigación y que puedan aplicarse en diferentes áreas de trabajo similares a los que se realizan en el área industrial de Ingenio Magdalena.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son: Se cuenta el Área Industrial como Unidad Ejecutora; Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla; Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

Estos resultados permitirán aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

## **Presentación**

Estudio de tesis titulado, “Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”, fue realizada durante los meses de febrero a diciembre del año dos mil diecinueve, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Se determinó que el problema central son los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, lo que ocasiona disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años.

En la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son: a) Se cuenta el Área Industrial como Unidad Ejecutora. b) Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla. c) Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

## Índice general

No.	Contenido	Página
I.	INTRODUCCION.....	01
I.1.	Planteamiento del problema.....	02
I.2.	Hipótesis.....	03
I.3.	Objetivos.....	03
I.3.1	Objetivo general.....	03
I.3.2	Objetivo específico.....	03
I.4.	Justificación.....	03
I.5.	Metodología.....	04
I.5.1	Métodos.....	04
I.5.1	Técnicas.....	06
II.	MARCO TEÓRICO.....	08
II.1	Aspectos doctrinarios.....	08
III.	COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS.....	84
III.1	Cuadros y graficas para la comprobación del efecto o variable dependiente (y).....	85
III.2	Cuadros y graficas para la comprobación de la causa o variable independiente (x).....	90
IV.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	93
IV.1	Conclusiones.....	93
IV.2	Recomendaciones.....	94
	Bibliografías	
	Anexos	

## Índice de cuadros

No.	Contenido	Página
1	Existencia de disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años....	85
2	El mantenimiento mal realizado en periodo de reparación disminuye los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	86
3	La falta de capacitación del personal genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	87
4	La falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento causante de disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	88
5	La falta de procedimientos para realizar los trabajos genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	89
6	La falta un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, disminuye los niveles de producción.....	90
7	Inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio...	91
8	Personas que están de acuerdo en que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio.....	92



## Índice de gráficas

No.	Contenido	Página
1	Existencia de disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años....	85
2	El mantenimiento mal realizado en periodo de reparación disminuye los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	86
3	La falta de capacitación del personal genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	87
4	La falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento causante de disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	88
5	La falta de procedimientos para realizar los trabajos genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.....	89
6	La falta un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, disminuye los niveles de producción.....	90
7	Inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio...	91
8	Personas que están de acuerdo en que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio.....	92

## Índice de figuras

No.	Contenido	Página
1	Raíces de la caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) .....	11
2	Fertilización eficiente/no eficiente.....	13
3	Siembra de la caña de azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> ) .....	14
4	Esquema del proceso de producción de azúcar.....	26
5	Preparación de caña.....	27
6	Picado de la caña.....	28
7	Extracción de jugo.....	29
8	Clarificación.....	31
9	Evaporación.....	32
10	Tachos.....	33
11	Centrifugas.....	34
12	Secadora.....	35
13	Envasado.....	36
14	Unión de engranaje.....	48

## Índice de tablas

No.	Contenido	Página
1	Generaciones del mantenimiento.....	38
2	Los doce pasos del desarrollo del TPM.....	46
3	Causa y efecto de las fallas.....	52
4	Función de densidad de probabilidad.....	58
5	La curva de la bañera.....	60
6	Nivel económico óptimo del mantenimiento.....	63
7	Curva de costos globales.....	67

## 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 como Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, que es llevar a cabo una investigación, por lo tanto, se optó el estudio de “Propuesta de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”.

El estudio identifica la problemática existente, la cual consiste en paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena.

El estudio fue realizado durante los meses de febrero a diciembre del año dos mil diecinueve.

Al terminar el trabajo de graduación, se comprobó la hipótesis: “La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo”. El informe final de graduación o tesis está integrado de la siguiente forma: Prólogo y Presentación, además los siguientes capítulos:

I: Compuesto por: Introducción, planteamiento del problema, hipótesis, objetivo general y objetivo específico, justificación, metodología conformada por métodos y técnicas tanto para la formulación como para la comprobación de la hipótesis.

II: Compuesto por: Marco teórico, que comprende aspectos conceptuales formados por aspectos doctrinarios y legales.

III: Compuesto por: Presentación, y análisis de resultados. Formado por cuadros y gráficas de los resultados obtenidos de las encuestas relacionados a la variable dependiente “Y” e independiente “X” con su respectivo análisis.

IV: Compuesto por: Conclusiones y recomendaciones, luego bibliografía y anexos principales.

La propuesta la conforman tres resultados que son los siguientes:

Resultado uno: Se cuenta el Área Industrial como Unidad Ejecutora. Resultado dos: Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla. Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla. Los tres resultados juntos forman la propuesta para proporcionar una solución integral al problema.

### **1.1. Planteamiento del problema**

Para el año 2021 se ha logrado determinar que siempre existirá disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

El problema principal de la investigación son los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo. El efecto es la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años, y su causa principal es falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo.

Al resolver el problema con esta propuesta, los niveles de producción de azúcar aumentarán considerablemente ya que se resolverá el problema de los paros de producción.

### **1.2. Hipótesis**

A través del Método del Marco Lógico, se elaboró el árbol de problemas, y se determinó la Variable Dependiente: disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años. Además la Variable Independiente: Falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

Con estas variables se elaboró la hipótesis es la siguiente: “La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo”.

### **1.3. Objetivos**

Con la finalidad de poder darle una solución a la problemática estudiada y contribuir a la solución de los problemas encontrados, se trazaron los siguientes objetivos:

#### 1.3.1. Objetivo general

Aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

#### 1.3.2. Objetivo específico

Evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia Escuintla.

### **1.4. Justificación**

El desarrollo de la presente investigación y estudio que se realizó refleja la necesidad de implementar medidas sobre la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años, ante la falta de un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.

La investigación se realizó basada en fuentes de información primaria que ofrecen datos fidedignos; así mismo de otras fuentes constituyentes, el trabajo de campo se desarrolló con las personas que se encuentran dentro del área industrial del Ingenio Magdalena, sin dejar de tomar en cuenta la documentación existente sobre el tema.

La razón por la cual se realizó la investigación es porque en los últimos 5 años ha existido una disminución en niveles de producción de azúcar, por la falta de un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.

Como aproximación y solución del problema expuesto, se hace necesario realizar “Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”.

Si se aplica la propuesta aumentarían los niveles de producción de azúcar. Por lo contrario, si no se aplica la propuesta, continuará la disminución en los niveles de producción, ya que no hay un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.

## **1.5. Metodología**

Para poder comprobar la hipótesis planteada se elaboró la siguiente metodología:

### **1.5.1. Métodos**

Se dividen en los utilizados para la formulación de la hipótesis y para la comprobación de la hipótesis.

La metodología utilizada para la elaboración de la hipótesis y su comprobación se compone de métodos y técnicas.

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

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El Método Deductivo y el Método del Marco Lógico.

##### **a) Método Deductivo**

Este se utilizó para identificar la problemática, que inicia con la observación de fenómenos naturales y de esta manera definir la investigación planteada, por lo que

fue necesario visitar el área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

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

Es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.

El Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica, sirvió para la estructura y elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación, así mismo para fijar y establecer los insumos y tiempos por cada resultado.

#### 1.5.1.2. Métodos utilizados para la comprobación de la hipótesis

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

##### a) Método Inductivo

Se estudian los fenómenos particulares, que darán soluciones generales.

Con este método se obtuvieron los resultados de la problemática, se utilizó para realizar encuestas y para diseñar conclusiones, de esta forma poder llegar a la hipótesis planteada.

##### b) Método de Síntesis

Una vez interpretada la información, se utilizó la síntesis para obtener conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la que sirvió para hacer congruente la totalidad de la investigación.



### c) Método Estadístico

Con este método se determinaron los parámetros necesarios, que ayudaron a la comprobación de la hipótesis.

Al hacer uso de este método, se tabularon los resultados de la encuesta, en los cuadros y gráficas, para comprobar la variable “Y” y la variable “X”, así mismo para comprobar el problema.

### **1.5.2. Técnicas**

Las técnicas empleadas en la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes:

#### 1.5.2.1. Técnicas de investigación para la formulación de hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis son las herramientas que se detallan a continuación:

##### a) Lluvia de Ideas

Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática con todos los colaboradores del área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

##### b) Observación Directa

Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba en el área industrial y se recolectó dicha información.

##### c) Investigación Documental

Se utilizó, con el fin de no duplicar documentos, así mismo para obtener aportes y puntos de vista de otros investigadores sobre la problemática

#### 1.5.2.2. Técnicas empleadas para la comprobación de la hipótesis

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

##### a) Cuestionario

Se elaboró un cuestionario para investigar el efecto (variable dependiente “Y”) y otro cuestionario para investigar la causa (variable independiente “X”), y para el problema, se distribuyó el mismo a la muestra.

##### b) Entrevista

Para la entrevista se diseñaron boletas de investigación, para comprobar la variable dependiente “X” (Causa) e independiente “Y” (Efecto) de la hipótesis, esto fue realizado con el mismo personal que trabaja dentro del área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

##### c) Análisis

Esta técnica se aplicó al interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, “Y” y “X”, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis.

## **II. MARCO TEORICO**

Para fundamentar la investigación se procede a la realización del marco teórico con todos los temas relacionados al mantenimiento de la industria azucarera en el ámbito laboral y aspectos doctrinarios, leyes que regulan el funcionamiento de los ingenios azucareros.

### **II.1 Aspectos doctrinarios**

Estos aspectos son el conjunto de concepciones teóricas y verdaderas que se investigaron para confirmar la hipótesis formulada.

Comprenden: Ingenio azucarero, Caña de azúcar, Mantenimiento industrial, Maquinaria y equipo industrial, Causas de fallas en maquinaria, Costos, Legislación nacional.

#### **II.1.1. Caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)**

En el entorno laboral la mayoría ha escuchado referente al tema de caña de azúcar, y las funciones básicas y lo fundamental que es la caña de azúcar en la industria azucarera, ya sea colaborador o como personas fuera de la industria, Muj A, et al (2022),

La caña de azúcar en los últimos años ha venido fortaleciéndose y perfeccionándose en Guatemala ya que anteriormente se contaba nada más con la elaboración y cultivo de caña de azúcar simple, Muj A, et al (2022).

La caña de azúcar según Ramírez (2008) es una planta tropical conocida científicamente como *saccharum officinarum* que se caracteriza por acumulación de sacarosa en su tallo en el periodo de maduración, tenido gran importancia mundial en la producción de azúcar y sus derivados.

Se caracteriza por tallo grueso y fibroso que puede crecer en 3 a 5 metros de altura, estos contienen gran cantidad de sacarosa que desde años atrás hasta el día de hoy se procesa para la obtención de azúcar es uno de los cultivos agroindustriales más importantes en las regiones tropicales del país, Ramírez (2008).

La planta de la caña de azúcar se cultiva en áreas cálidas como son las costas de Guatemala, la cual por su producción y la cantidad de mieles que esta planta contiene es conocida a nivel mundial, Ramírez (2008).

“La producción de azúcar se dio desde la colonia. Era obtenida como dulce por medio de trapiches rústicos movidos por bueyes, siendo incluso producto de exportación” (Ruiz, 1995, p. 4).

La producción de azúcar ha evolucionado desde el siglo XIX hasta nuestros tiempos por el cual cada vez las industrias involucradas en lo que es proceso y fabricación de azúcar, Muj A, et al (2022).

Según Rojas (2018) es una hierba gigante que pertenece al género *Saccharum*, introducido a tierras americanas desde los años de Cristóbal Colón y dar así como resultado un rápido desarrollo de la industria azucarera, la caña está compuesta principalmente de: agua del 70 – 75%, sólidos del 24 – 27%, fibra seca del 11 – 16%, sólidos disueltos del 10 – 16%.

Gracias a la caña de azúcar la industria azucarera crece rápidamente, caña de azúcar está compuesta por porcentajes de agua, sólidos, fibra seca y sólidos disueltos, las cuales son extraídas, para su aprovechamiento total, y así tener una producción más efectiva de sus productos y subproductos, Rojas (2018).

La caña de azúcar ha adquirido aún más en el sistema automatizado en el proceso, y es aún más eficiente en la producción de azúcar y así mismo en la cultivación de la caña, Muj A, et al (2022).

II.1.1.1. Principales constituyentes químicos de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y su relación con el proceso industrial.

Según Larrahondo (1995) indica: La caña de azúcar está constituida por jugo y fibra la fibra es la parte insoluble en agua y está formada principalmente por celulosa, la cual a su vez está constituida por azúcares sencillos como glucosa.

El contenido porcentual de sólidos, sacarosa azúcares reductores y otros constituyentes, solubles en agua se denominan comúnmente brix, expresado en porcentaje, Muj A, et al (2022).

La razón porcentual entre sacarosa en el jugo y el brix se conoce como pureza del jugo el contenido aparente de sacarosa expresado como un porcentaje en peso y determinado mediante un método polarimétrico, se denomina “pol”, Larrahondo (1995).

II.1.1.2. Factores que afectan la calidad de la caña después del corte

Según Larrahondo (1995) los principales factores que afectan la calidad de la caña después del corte son los siguientes:

- Altura de corte
- Grado de quema y tiempo entre corte y molienda
- Contenido de basuras o materiales extraño
- Acción de microorganismos

El deterioro de la caña y pérdida de sacarosa entre el corte y la molienda ha sido objeto de varios estudios, se sabe que este deterioro empieza casi inmediatamente después del corte, y es mayor a medida que aumenta el tiempo inmediatamente después del corte, también mayor a medida que aumenta el tiempo de permanencia en los patios del molino o en el campo, Muj A, et al (2022).

Lo que afecta aún más de todos es el tiempo el que tarda la caña entre el corte y su molienda por la cual esta pierde su eficiencia como lo que son sus propiedades como el azúcar y mieles que emanan de la caña de azúcar, Larrahondo (1995).

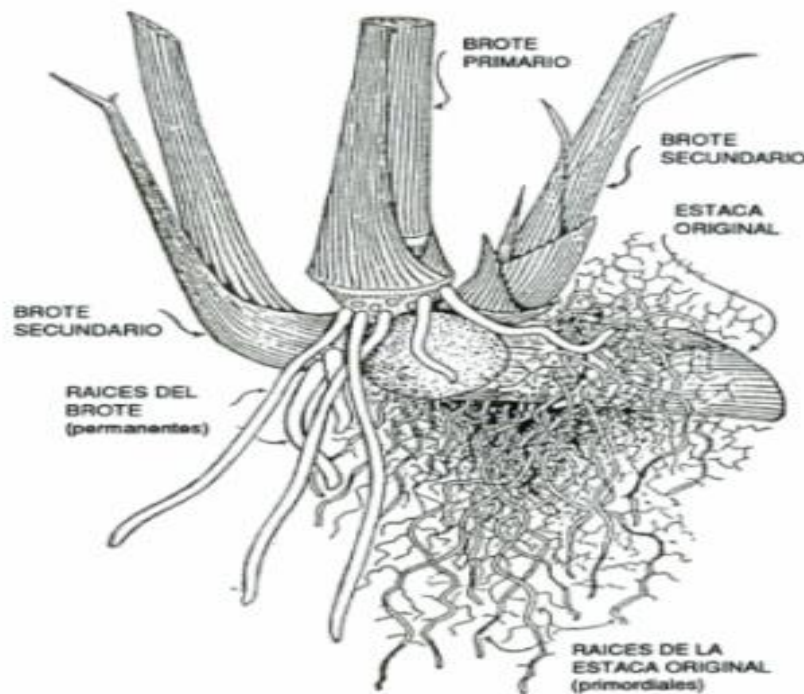
#### II.1.1.3. Fertilización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

En la siembra de caña de azúcar es recomendable colocar, en el fondo del surco una fuente fosfórica, para ayudar al desarrollo del sistema radical, sin embargo, esta deberá hacerse solo si verdaderamente se justifica ya sea porque el contenido es bajo en el suelo, Ruiz (1995).

Se deberá utilizar la fertilización solo en caso de que el suelo se encuentre bajo de contenido para así justificar la fertilización necesaria para el cultivo de la caña de azúcar, Muj A, et al (2022).

**Figura 1**

Raíces de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)



Fuente: Ruiz, 1995

#### II.1.1.4. Selección y ubicación del suelo

“Lo ideal es seleccionar terrenos con texturas francas, francos arcillosos o franco limosos, fértiles, profundos, preferiblemente planos, con buen drenaje para evitar los encharcamientos que pueden retrasar el desarrollo o causar la muerte de la planta” (Ruiz, 1995, p. 90).

La ubicación preferiblemente debe de ser en un punto cerca del hogar de siembra para disminuir los costos de transporte, deben existir facilidades de riego, para que durante todo el periodo de desarrollo el semillero cuente con suficiente humedad, Ruiz (1995).

Se recomienda para seleccionar terrenos para el cultivo de caña de azúcar, lo primordial es que el terreno este cerca de donde se procesa, que el terreno este plano y con humedad adecuada y sin tendencia a tener encharcamientos para su buen desarrollo, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.5. Como se utiliza la fertilización en la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Melgar, Meneses, Orozco, Pérez, y Espinosa (2012) a partir de 1993, se realizaron los estudios estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera de Guatemala y grupos de manejo de suelos asimismo un trabajo sistemático de investigación científica-tecnológica que permitió determinar estrategias para la optimización del fertilizante nitrogenado y recomendaciones económicas para el uso y manejo del fertilizante fosforado.

Los fertilizantes son aplicados por grupos de manejo de suelos, de acuerdo con los requerimientos, análisis de suelos y rendimiento potencial, Muj A, et al (2022).

Durante este periodo se desarrollaron las técnicas para la utilización eficiente de la cachaza y vinaza como de abonos verdes y respuesta diferencial para variedades promisorias, Melgar y otros (2012).

## Figura 2

### Fertilización no eficiente/eficiente



Fuente: Melgar, 2012

Según estudios realizados en los suelos de toda la zona cañera, se determinó la optimización de fertilizantes y así mismo hacer un ahorro económicamente al utilizar residuos derivados de la caña de azúcar, Melgar y otros (2012).

#### II.1.1.6. Clima de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar según, Ramírez (2008) comúnmente se cultivan en climas tropicales y subtropicales desarrollándose mejor en climas calientes y con mucha exposición solar.

Generalmente se cultiva a una altura entre los 0 y 1,000 msnm. Requiere de un clima húmedo caliente y alternar con periodos secos y temperaturas entre los 16 y 30 grados centígrados, Ramírez (2008).

#### II.1.1.7. Clasificación Morfológica de la Caña de Azúcar (*Saccharum officinarum*)

La caña de azúcar según Duarte y Gonzales (2019) morfológicamente se caracteriza por presentar macollos, que son brotes secundarios que se forman a partir de las yemas axilares, ubicadas en los nudos de eje principal. Se propaga en forma asexual por



medio de trozos o esquejes que contienen las yemas, donde cada una puede desarrollarse en un tallo primario que a su vez forma tallos secundarios y terciarios, el 65% de las raíces se encuentran en los primeros 20 cm de profundidad del suelo y el 80% de ellas se concentran en un radio de 60 cm de la cepa.

Se logra apreciar detalles de cómo crece la caña de azúcar, la cual nos dice que esta comienza con trozos de caña y de los nudos de la caña la cual se forma las yemas y por lo tanto crecen los tallos, Muj A, et al (2022).

### **Figura 3**

Siembra de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)



Fuente: Duarte y González, 2019

#### II.1.1.8. Momento apropiado para la cosecha de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

“El tiempo apropiado para la cosecha se determina mediante el análisis del jugo de la caña en el campo, con ayuda de un brixómetro o refractómetro manual se puede hacer el análisis del grado brix” (Duarte y Gonzales, 2019, p. 32).

El tiempo para cosechar la caña es basada por muestras que se realizan a ciertos tramos de cañaverales para verificar la cantidad de sacarosa y efectividad de la caña de azúcar, Duarte y Gonzales (2019).

#### II.1.1.9. El tallo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Este es el órgano de más importancia en la planta de la caña de azúcar, ya que es el tallo donde se acumulan los azúcares, la cantidad, el grosor, color y modo de desarrollo, depende mucho la característica ambiental del lugar, Bustamante (2015).

Se considera que el ambiente en el cual se encuentre al cultivar la caña de azúcar es de gran ayuda para su desarrollo y así es más productiva la caña de azúcar, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.10. Selección de semilla para siembra de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según indica Bustamante (2015) la caña de azúcar en condiciones normales no produce semilla, esta es propagada por trozos de caña, la forma más adecuada y segura de garantizar que la semilla tenga pureza varietal en la selección, la semilla debe de ser: libre de plagas y enfermedades, tener un estado nutricional adecuado, tener edad de corte y tamaño recomendado, sin mezcla de variedades, con yemas funcionales.

La semilla de la caña de azúcar es extraída de la misma caña la parten en trozos para sembrarlas, la caña que utilizan para semilla debe de estar en buen estado, sin plagas, para una buena producción, Bustamante (2015).

#### II.1.1.11. Fertilización de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

“Fertilizar es dar a las plantas, los elementos que en el suelo no se encuentran en cantidades suficientes, para el desarrollo óptimo del cultivo” (Arango, 2004, p. 20)

Se sabe que fertilizar la tierra en donde se siembra o sembrara la caña tiene que ser estudiada y verificar que nutrientes tiene y cuales le falta, para una buena cultivación, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.12. Elementos que consume la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Arango (2004), los elementos que las plantas consumen en mayores cantidades son: Nitrógeno, Fósforo, Potasio, estos llamados elementos mayores, además de estos requiere carbono, oxígeno, calcio magnesio y azufre con el propósito de construir a las paredes de la planta, los elementos mencionados anteriormente favorecen el desarrollo de la plantación y pueden ser agregados al suelo en forma de Urea y Sulfato de Amonio.

La caña de azúcar para buen desarrollo y su buena producción de azúcar necesita nutrientes los cuales se proveen con fertilizantes y abonos para complementar los nutrientes faltantes para su desarrollo, Arango (2004).

#### II.1.1.13. La variedad de caña y su efecto en la calidad

Según Larrahondo (1995) el contenido de sacarosa, el proceso de maduración, el nivel de compuestos y la morfología de los tallos son características que incluyen directamente en la calidad de los jugos de acuerdo con su contenido de sacarosa, no obstante existen marcadas diferencias entre ellas, la maduración es el proceso de acumulación de la sacarosa en el tallo y para que ocurra es necesario que se presente una disminución en la celeridad del crecimiento, que favorezca la acumulación de los azúcares producidos durante la actividad fotosintética.

El nivel de sacarosa en la caña de azúcar se puede apreciar desde sus características como el tamaño del tallo la altura y para estas características es necesario la disminución en la celeridad del crecimiento para fortalecerla, Larrahondo (1995).

#### II.1.1.14. Diversificación productiva del sector azucarero

Según Iñiguez (2017) la caña de azúcar es un cultivo de gran potencial de diversificación. De acuerdo con la ley de desarrollo sustentable de la caña de azúcar y en los objetivos y metas, se considera como diversificación productiva la obtención del azúcar de caña en todas sus presentaciones, además de los coproductos, subproductos y derivados de la planta.

La caña de azúcar es potencial, la obtención del azúcar de la caña es conocida como diversificación, y como también es todo lo que concierne a los subproductos que se derivan de la caña aparte del azúcar, Larrahondo (1995).

Según Iñiguez (2017) la caña de azúcar representa un cultivo de gran importancia en la provisión de alimentos e insumos para la industria sucroquímica y bioenergética, el valor económico de este cultivo se basa en tres atributos: 1) es una gran especie altamente productiva, 2) es muy eficiente en el uso de insumos y recursos productivos y, 3) puede ser procesada de manera local y generar productos con valor agregado, tales como sacarosa, melaza, etanol y energía.

El cultivo de la caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor importancia en la producción de azúcar a nivel mundial, de este cultivo se desglosan varios productos con valor agregado como los son las mieles, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.15. Fines nutricionales en el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Robles (2016) los nutrientes son elementos con características químicas que proveen funciones específicas dentro de los vegetales. La ausencia de este provoca alteraciones fisiológicas que se manifiestan en un nivel bajo de vigorosidad en el vegetal y por ende disminuye su capacidad productiva.

Los nutrientes dentro de los vegetales son de gran importancia en la caña de lo contrario esta será de un nivel bajo de vigorosidad en la planta y por lo tanto baja producción de azúcares, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.16. Efecto varietal de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según indica Castillo (2015) los parámetros más importantes que se toman en cuenta en el desarrollo de las variedades de caña de azúcar son: alto contenido de sacarosa por tonelada de caña, alta producción de caña por hectárea, contenidos adecuados de fibra (alrededor del 13%) y resistencia a las principales enfermedades.

Depende de la variedad de caña, difieren las concentraciones de compuestos secundarios que son parte de la caña como los monosacáridos, polisacáridos, almidones, ácidos orgánicos, fenoles entre otros, Castillo (2015).

Lo que se toma en cuenta en el crecimiento y desarrollo de la caña de azúcar, cantidad de sacarosa por tonelada y cantidad de caña por hectárea sembrada y que contenga buena cantidad de fibra en ella, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.17. Plagas y enfermedades de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según indica Castillo (2015) depende del tipo de daño que ocasionen las plagas y enfermedades puede haber una afectación tanto en el peso de la caña como en la cantidad de jugos, una de las plagas más perjudiciales es el grupo de los insectos barrenadores, representados en nuestro medio, a más del daño directo en el tallo, favorecen la entrada que causan la pudrición roja que disminuye la pureza y el rendimiento del azúcar y alcohol.

Uno de los daños mayores a la de otros insectos en la producción de caña son los denominados barrenadores, el cual daña el tallo y abren paso a otros insectos, bajan la producción y eficiencia de la caña, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.18. El periodo de brotación de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Valencia (2015) la brotación es un proceso mediante el cual el estado latente se transforma en estado activo y los órganos de las yemas se desarrollan y forman paulatinamente una planta. Hecho por la cual, las yemas no entran en actividad mientras las plantas se encuentran enraizadas al suelo.

En ese momento, el meristemo apical ejerce una dominación en la cual produce una hormona que hace que se inhiba la brotación lateral, la hormona se produce en la raíz y hacia el meristemo, a esto se le llama dominación apical, Valencia (2015).

#### II.1.1.19. Descripción botánica de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

“La caña de azúcar es una planta tropical que pertenece a la familia de las gramíneas. La que actualmente se cultiva es híbrido muy complejo de dos o más de las especies del género *Saccharum*” (Valencia, 2015, p. 4).

#### II.1.1.20. Derivados de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) “el azúcar”

Según Ríos (2015) aunque el azúcar siempre ha sido reconocido como el principal derivado de la caña de azúcar, en realidad actualmente en el mundo solo un tercer parte de caña que se procesa se destinan a la síntesis de la sacarosa y el resto se emplea en otros usos, como la producción de alcohol.

Aproximadamente un 11% del peso de la caña cortada puede transformarse en azúcar en el central, los azúcares solubles, principalmente, Sacarosa, Glucosa y Fructuosa, pueden extraerse en solución acuosa mediante molinos o difusores, y estos a su vez pueden transformarse en otros productos por vía química o biotecnológica, Ríos (2015).

De la caña de azúcar se derivan o bien se obtienen otros productos y subproductos la cual las industrias azucareras aprovechan para su producción y a su vez tener el máximo aprovechamiento de la caña, Muj A, et al (2022).

#### II.1.1.21. La fenología del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Ortiz (2013) el ciclo de la caña de azúcar se diferencia claramente en cuatro etapas de desarrollo: iniciación macollamiento, rápido crecimiento o elongación y la maduración, en zona de Guatemala se determinó que, la primera etapa de desarrollo está entre 0 a 3 meses de edad el cultivo caracterizándose por un aumento notable de hasta 120,000 tallos/día y un ritmo de crecimiento lento de 0.25 a 0.5 cm/día.

La segunda etapa inicial de 3 meses cuando la tasa de crecimiento aumenta hasta 2.5 cm/día, acompañada de una reducción drástica en la población por competencia y la última fase, depende de la variedad y las condiciones climáticas, se da entre los 7 y 8 meses, caracterizándose por la acumulación de azúcares en los tallos y puede estar manifestado por la inducción de la floración, Ortiz (2013).

La caña de azúcar es evaluada según su tiempo de crecimiento y el tiempo que esta tiene según sus etapas de crecimiento, cuanto crece y qué características tiene según su tiempo hasta su maduración, Muj A, et al (2022).

### **II.1.2. Ingenio azucarero**

#### 2.1.2.1. Historia de los productores del azúcar en Guatemala

(Tampán, 2004, p. 9) “En el año 1530 ingreso a Guatemala la caña de azúcar, pero fue hasta 1590 que los frailes dominicos fundaron en Centroamérica el primer ingenio azucarero llamado “San Jerónimo” en Baja Verapaz, Guatemala”.

“La producción que el ingenio San Jerónimo producía en ese entonces ascendía a 600 arrobas (150 quintales) mensuales y contaba con la participación de 1,000 trabajadores en ese entonces se utilizaban mulas para transportar el azúcar” (Tampán, 2004, p. 9).

Durante el periodo de 1863 a 1914 fueron fundados 5 ingenios: Ingenio Santa Teresa fundado en 1863, Ingenio Pantaleón (1870), Ingenio San Diego (1890), Ingenio el

Baúl (1911) y el Ingenio Tululá (1914). Poco a poco creció el mercado del gremio azucarero y en el periodo comprendido de los años 1958 a 1969 fueron creados 7 ingenios: La Sonrisa (1958), Los Tarros (1960), Palo Gordo (1962), Madre Tierra (1963), Santa Ana (1967) y La Unión (1969), Tampán (2004).

De los años 1975 a 1990 fueron creados los últimos 5 ingenios: El Pilar (1975), Magdalena, modificado en (1975), para producir azúcar, Tierra Buena (1977), Guadalupe (1981) y por último en 1990 el Ingenio Trinidad, Tampán (2004).

Es así como Guatemala cuenta ya con 16 ingenios en el año 2004, todos con diversas capacidades de producción de azúcar crudo, estándar, y refinado. Guatemala produce más que el resto de los países centroamericanos juntos, solo el Ingenio Pantaleón produce un 20% más de azúcar que toda la Republica de Honduras, Tampán (2004).

Aproximadamente, una cuarta parte de la producción de azúcar es para consumo local y tres cuartas partes se exporta como azúcar refinada en sacos o crudo a granel. Guatemala es considerada el séptimo país, mayor exportador de azúcar del mundo y el tercero en América, Tampán, (2004).

La innovación de creación de ingenios azucareros a estado por décadas en el país de Guatemala el cual crece conforme los años y se mejora su producción el cual es y gran beneficio para el país como para las personas como fuentes de empleo y superación ya que el producto del azúcar es uno de los productos más importantes de exportación del país, Tampán, (2004).

#### II.1.2.2. Historia de ingenios azucareros

Según Fuentes (2008) la agroindustria azucarera de Guatemala estaba constituida por 17 ingenios Santa Ana, Concepción, El Baúl, Tululá, El Pilar, Pantaleón, Los Tarros, San Diego, La Sonrisa, Guadalupe, Tierra Buena, Palo Gordo, Madre Tierra, Santa Teresa, La Unión, Magdalena y Trinidad.



De los ingenios indicados son la excepción de Santa Teresa y La Sonrisa, todos se encuentran ubicados, en la costa sur del país, en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, Fuentes (2008),

El desarrollo de la agroindustria de Guatemala ha sido creciente, especialmente a partir de la década de la zafra 83/84 hasta la de 95/96 se llegó a alcanzar una producción de 1.4 millones de toneladas métricas de azúcar, superior a 7.8% con respecto a la obtenida en la temporada anterior (1.3 millones de toneladas) cabría atribuir el aumento a un incremento de 7% en el área de cultivo, como efecto del estímulo de la apertura de nuevos mercados, así como un mayor rendimiento de caña de azúcar por hectárea, Fuentes (2008).

En lo que concierne las industrias azucareras en el país de Guatemala según datos recopilados en el año 2008 y en su mayoría se encuentran ubicadas en la costa sur y así mismo se beneficia a muchas personas de este sector, ser así estas empresas fuentes de empleo, la cual beneficia a muchas personas no solamente al país, las empresas azucareras proporcionan oportunidad de desarrollo para el país, fabricado como lo es el azúcar que es uno de los productos más comerciables en el país, derivado de la caña de azúcar y la comercialización de otros subproductos, Fuentes (2008)

#### II.1.2.3. Estructura organizacional de un Ingenio Azucarero

Según Fuentes (2008) estructura organizacional de un ingenio azucarero se fundamenta en dos unidades: las unidades operativas y las unidades de apoyo. Las unidades operativas están formadas por campo, que se encargan de la producción de caña de azúcar y fabricación que se encarga de la producción de azúcar y sus derivados.

Fuentes (2008) indica que las unidades de apoyo la conforman, el área financiera, recursos humanos, sistemas (computo), administración y compras. Una estructura típica es la siguiente:

## Gerencia General

### División Agrícola y Servicios:

- Área agrícola
- Área taller automotriz
- Área de ingeniería agrícola
- Área de transporte
- Área cosecha

### División Industrial:

- Área generación eléctrica
- Área fabricación
- Área mantenimiento
- Área de logística y distribución

### División Financiera

- Contabilidad
- Tesorería
- Presupuestos
- Compras

### División Informática (computo)

### División Recursos Humanos:

- Reclutamiento, selección y contratación
- Capacitación y seguridad industrial
- Programas sociales y salud ocupacional
- Sueldos y salarios

### Administración y Compras

En un ingenio azucarero se componen en general en dos unidades operativas las cuales son muy fundamentales en la empresa para la producción de azúcar las cuales son, unidad de operativa de campo y fabricación y siempre son complementadas por el área financiera y como está conformado en general cada división o área de la corporación de un ingenio azucarero, Fuentes (2008)

#### II.1.2.4. Política de calidad de la empresa azucarera

Según Fuentes (2008) para mantenerse competitivos en el mercado, los ingenios azucareros enfocan sus esfuerzos a la certificación establece como requisito la política de calidad que defina los objetivos generales de toda las áreas, actualmente el ingenio en estudio define su política, es un compromiso que la producción de energía alimenticia y eléctrica que se realiza por siembra, se transforma de la caña de azúcar y sus derivados, satisfacer los requerimientos de nuestros clientes y de que quienes participan en los procesos productivos.

Para ello se desarrolla con nuestros colaboradores, y se propicia la comunicación y se mejora continuamente nuestros procesos, productos y servicios, se incrementa así la productividad y rentabilidad de la empresa, Fuentes (2008)

Los ingenios azucareros recurren a certificarse, ya que es hoy en día un requisito que deben de tener las empresas, para mantenerse en el mercado y comercializar su producto y así mismo tener posibilidades y facilidades ante el mercado competente, Muj A, et al (2022).

#### II.1.2.5. Áreas de producción de un ingenio azucarero

Según Velasquez (2015) un ingenio azucarero se le denominaba una antigua hacienda colonial americana con instalaciones y equipos para procesar caña de azúcar con el objetivo de obtener azúcar, ron, alcohol y otros productos para obtener estos productos se realiza un proceso de fabricación del azúcar.

Para el procesamiento industrial de azúcar se involucran diversos procesos de convención en la caña que se transforma en jugo diluido, seguido de este proceso se extrae el agua del jugo convirtiéndola en meladura, seguido se generan cristales y se eliminan de forma natural las impurezas de las mismas para extraer el grano de azúcar, Velasquez (2015).

Muj A, et al (2022) indica que en un ingenio azucarero existen diversas áreas de producción que son:

- Preparación de caña
- Extracción de jugo
- Clarificación del jugo
- Evaporación
- Cristalización
- Centrifugación
- Secado y envasado

El procedimiento en industria azucarera para la fabricación de azúcar es un proceso extenso desde el patio de caña, que es la primera fase en donde llega la caña a la fábrica, hasta el envasado, que es donde sale el azúcar obtenido de la caña, Muj A, et al (2022).

**Figura 4**

Esquema del proceso de producción de azúcar



Fuente: Tampan, 2004

#### II.1.2.5.1. Preparación de caña

Según Velasquez (2015) el proceso en la preparación de la caña se inicia al pesar los vehículos que trasportan la caña, denominados camiones cañeros. Estos camiones pasan al laboratorio llamado Core Sampler es aquí donde se analiza, identifica y determina que calidad de azúcar trae la caña, esto se realiza al tomar muestras aleatorias y se verifica continuamente el laboratorio.

Velasquez (2015) indica que seguido de los análisis en el laboratorio se lleva la caña de hacia las mesas de preparación de caña donde se procede a limpiar, se nivela la altura del colchón de caña. La limpieza que se lleva a cabo en la preparación de caña consiste en aplicar agua para lavar la caña se elimina los residuos de tierra y elementos extraños como hojas o basura denominada Trash, piedras entre otros. Después de haber lavado la caña, esta se dirige por conductores de caña hacia las picadoras de machetes oscilantes y desfibradoras que rompen la caña, esto ocasiona que esta se abra y quede expuesta la fibra para proceder a extraer el jugo.

**Figura 5**  
Preparación de caña



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.1.1. Patios y picados de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*)

Según Castañeda (2012) en seguida, la caña se descarga en las mesas transportadoras para pasar a las desfibradoras, que la convierten en pequeños trozos para facilitar la extracción del jugo en el en los molinos, es aquí cuando comienza la fase de molienda, a través de un tándem de molinos que extraen el jugo de caña.

En el área de patio de caña el transporte de la caña de azúcar y la descarga se hace por medio de grúas de volteo hacia las mesas transportadoras, la cual pasa luego a picadoras y desfibradoras, para que se facilite, en el momento en el que llegue a la extracción de jugo (molinos), Castañeda (2012).

**Figura 6**

Picado de la caña



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.2. Extracción de jugo

Según Velasquez (2015) a este proceso también se le suele llamar molienda ya que consiste en moler caña preparada para la extracción de jugo, donde se utiliza un grupo de molinos denominados tándem, estos molinos por su capacidad de trabajo requieren de equipos eléctricos para su funcionamiento, en donde pueden utilizar potencias de 800 hasta 1200 hp por molino para su molienda.

El tándem es alimentado por la caña ya desfibrada o preparada, esta ingresa a un sistema de molinos conectado en serie, estos utilizan un jugo de cuatro mazas o rodillos rayados que tienen en forma de "V" y se entrelazan, Velasquez (2015).

Para mejorar la extracción del jugo, los molinos de nuevo se alimentan con jugo ya extraído para mejorar su extracción, a este procedimiento se le llama maceración y al último molino se le designa agua caliente, cuya temperatura puede variar entre los 60y

80 °C, la cantidad de agua aplicada esta entre el 25 al 30%, respecto a la molienda diaria al generar un aumento en la extracción de jugo, Velasquez (2015).

**Figura 7**

Extracción de jugo



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.3. Molienda y clarificación

Según indica Castañeda (2012) en esta etapa se agrega agua caliente para obtener la máxima cantidad de sacarosa en un proceso llamado maceración.

El jugo obtenido es colado y se inicia la primera etapa de calentamiento, facilita la sedimentación de sólidos insolubles y separándolos del jugo claro que queda en la parte superior del clarificador, los cuales son llevados a los filtros rotativos al vacío para la recuperación de su contenido de sacarosa, Castañeda (2012).



Cuando se desfibra la caña de azúcar pasa por molino, en el cual se le aplica agua caliente, para que los molinos puedan exprimir bien la fibra y extraer la mayor cantidad de sacarosa (azúcar), del jugo de la caña y si tener una molienda eficiente, Muj A, et al (2022).

#### II.1.2.5.4. Área de clarificadores, calentadores y filtros

Según indica Fuentes (2008) en el área de clarificadores tiene como objetivo la clarificación del jugo de caña, como segundo subproceso después de la extracción, el jugo tiene un tiempo de retención de 2 horas aproximadamente, lo cual sirve para precipitar o separar todos los lodos y gomas que venían en el jugo de la caña y con el tratamiento de la cal y la temperatura se crean las condiciones necesarias para separarlas del jugo fácilmente.

Los lodos se extraen del fondo de los compartimentos del clarificador con las bombas de cachaza, el jugo claro rebalsa por la parte superior por medio de tubos colocados en la superficie de cada compartimento y las lleva a una salida común donde para para otro tanque llamado de jugo clarificado, de donde es bombeado a la evaporación, Fuentes (2008).

La cachaza o lodo que se extrajo se mezcla con pequeñas partículas de bagacillo y coagulante para formar una torta filtrante de poros y así facilitar su lavado con agua caliente por medio de filtros al vacío y extraer los residuos de azúcar que llevan estos lodos, este jugo de baja pureza que sales de los filtros se manda a los tanques de alcalizado para volver a pasar a los clarificadores y el jugo claro sigue a los evaporadores, Fuentes (2008).

En el área de clarificadores y calentadores su función es, separar las partículas no deseadas del jugo como lo es la suciedad o lodo y así obtener jugo claro o limpio a como entro a los clarificadores ya separado el lodo a esta se le añade en algunos

ingenios bagacillo para poder sacar la cachaza que es la suciedad desprendida del jugo de la caña de azúcar, Fuentes (2008).

**Figura 8**  
Clarificación



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.5. Área de evaporadores

Indica Fuentes (2008) que el objetivo de esta sección es la evaporación del agua del jugo de la caña, el jugo es bombeado del tanque del jugo claro hacia el pre-evaporador, después del cual para en serie por todas y cada uno de los evaporadores, para salir del último ya como meladura, la limpieza de los evaporadores es muy importante, debido a que conforme pasa el jugo por ellos se forma incrustaciones que les hacen perder la capacidad de transferir calor, haciéndolos ineficientes, por lo que se le da una limpieza programada, de acuerdo a la cantidad de jugo que circula por ellos.

Dicha limpieza, se realiza al hervir soda cáustica durante ocho horas y luego 2 horas con ácido sulfámico para remover así todas las incrustaciones, Fuentes (2008).

El proceso de evaporación es importante para eliminar el agua que lleva el jugo después de salir de clarificación y de los molinos, ya después de este proceso el jugo sale como meladura, para esto nos indica que el jugo en todo el paso tiene que ser por evaporadores limpios para que sean más eficientes y no tengan pérdidas de transferencia de calor, Fuentes (2008).

**Figura 9**

Evaporación



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.6. Área de tachos

(Fuentes, 2008, p. 30) “En la sección de tachos al vacío, se le realizará la cristalización y cocción de la meladura, se producen y se desarrollan los cristales o granos de azúcar”

En el área de tachos es donde se realiza la concentración del magma, cristalización de la meladura para que esta se vuelva en azúcar, este trabajo lleva un proceso, en el cual se ven mieles tamaño y proceso de esta para poder sacar grano de azúcar, Fuentes (2008).

**Figura 10**

Tachos



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.7. Cristalización

Según indica Castañeda (2012) es en los tachos recipientes al vacío de un solo efecto donde se produce la masa cocida conformada por cristales de azúcar y miel. El trabajo de cristalización se lleva a cabo al emplear el sistema de tres cocimientos, para lograr la mayor concentración de sacarosa (azúcar).

El área conocida como tachos y cristalización es el proceso donde se obtiene el magma o masa que es el resultado del jugo de la caña y esta lleva varios procesos de calentamiento para lograr la mayor concentración de azúcar, Castañeda (2012)

#### II.1.2.5.8. Área de centrifugas

“En esta sección se realiza la separación de los cristales de azúcar de la miel o granos de azúcar en cada templada, por fuerza centrífuga” (Fuentes, 2008, p. 32).

En las centrifugas se separa el grano de las mieles en el cual se ve tamaño del grano, color y la temperatura de la misma según esos datos así mismo sacara el azúcar para pedidos que tenga la empresa o para lanzar al mercado, Castañeda (2012)

**Figura 11**  
Centrifugas



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.9. Área de secadoras y enfriamiento

En la sección de secadoras y enfriadoras, los cristales de azúcar obtenidos en las centrifugas, pasan por una secadora para quitarles el exceso de humedad y mantenerlo en lo requerido, previo a enviarla a envasado o refinería según sea el caso, Fuentes (2008)

El azúcar después del proceso de centrifugas paran por secadoras para eliminar el exceso de humedad que el azúcar lleve para evitar pérdidas en el azúcar y así mismo evitar que el azúcar se aterrone en el tiempo que se encuentre almacenada, Fuentes (2008).

**Figura 12**

Secadora



Fuente: Cárdenas, 2020

#### II.1.2.5.10. Área de envase

Según Fuentes (2008) en esta sección o área, al azúcar que se destina al consumo local o internacional, se le agrega vitamina A y luego en la bodega, se verifica el peso antes de almacenar la producción y todo saco que lleve peso fuera de lo especificado o de acorde al pedido, se retorna a fábrica para corregirlo.

En el envasado de azúcar se empaca el azúcar en medias de sacos según sea el pedido o así lo haya dispuesto la empresa se toma nuevamente el peso y se almacena para luego comercializarlo con estándares y normas establecidas hacia el mercado cliente de venta, Muj A, et al (2022).

**Figura 13**

Envasado



Fuente: Cárdenas, 2020

### **II.1.3. Mantenimiento industrial**

Este tipo de mantenimiento es muy importante para el sector azucarero, ya que de él depende una temporada de producción que dura entre 5 y 7 meses aproximadamente, por lo cual debe realizarse adecuadamente para evitar fallas durante la producción, Sic E, et al (2022)

“Se define habitualmente mantenimiento como el conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible, buscando la más alta disponibilidad y con el máximo rendimiento” (García, 2014, p. 3).

“Desde el punto de vista técnico, el mantenimiento está orientado a preservar la operatividad de máquinas, equipos e instalaciones conforme a conocimientos específicos que tienen su apoyatura en la ciencia y la técnica” (Callony, 2003, p. 11).

#### **II.1.3.1. Historia**

Según Gómez (1998) con la llegada del siglo XX nace el mantenimiento industrial tal como hoy día se entiende. Sin embargo, es preciso admitir que su origen está, sin lugar a duda, ligado a la aparición de las primeras máquinas que el hombre utilizó.

Resulta lógico pensar que, junto con el uso de las primitivas y más rudimentarias herramientas, debía coexistir algún tipo de cuidados, encaminados a mantener sus características constructivas o mejorar su rendimiento, Gómez (1998).

Se logra comprender que el mantenimiento viene desde muchos años atrás y que a surgido como una necesidad de mantener nuestras maquinas en excelente estado para su operación y en el caso de las herramientas en un estado óptimo para su manipulación, Sic E, et al (2022).

El mantenimiento a sido muy importante desde el inicio de los tiempos para mantener nuestras herramientas en un estado bueno para su utilizacion, Sic E, et al (2022).



### II.1.3.1.1. Evolución histórica del mantenimiento

**Tabla 1**

Generaciones de mantenimiento

Generación	Época en que aparece	Principales fundamentos
Primera generación	Desde el inicio de la Revolución Industrial	Mantenimiento correctivo puro
Segunda generación	A partir de la Segunda Guerra Mundial	Mantenimiento preventivo sistemático
Tercera generación	Década de los 80	Mantenimiento predictivo o por condición Análisis de fallos RCM TPM
Cuarta generación	Década de los 90	World Class Management y la eficacia en la gestión
Quinta generación	Siglo XXI	Terotecnología. Visión técnico económica de los activos y del coste del ciclo de vida

Fuente: García, 2014

### II.1.3.1.2. Evolución tecnológica del mantenimiento

Según Rodríguez (2003) bajo el aspecto tecnológico, el desarrollo del mantenimiento presenta cinco momentos conocidos como:

- Escuela Latina (Francia a mediados de los años 60).
- Investigaciones Rusas (Rusia en el fin de la década del 60).
- Terotecnología (Inglaterra en el inicio de los años 70).
- TPM – “Total Productive Maintenance” (Mantenimiento Productivo Total – Japón en el inicio de la década del 70).
- Análisis y Diagnóstico el Mantenimiento (Estados Unidos – mediados de la década de los 80).

Rodríguez (2003) define estos cinco momentos de la siguiente manera:

1) La Escuela Latina presupone que el aumento de la productividad de las empresas es obtenido a través del mantenimiento que, con el apoyo de un sistema informatizado

e integrado, moviliza los recursos y trabajos en equipos de varios segmentos y diferentes niveles de jerarquía motivados y coordinados bajo una misma dirección, o sea, el mantenimiento coordina grupos de trabajo en diversos niveles de supervisión que busca mayor eficiencia y disponibilidad de los equipos;

2) En las Investigaciones Rusas es creado el concepto de "Ciclo de Mantenimiento", definido como el intervalo comprendido entre dos "Reparaciones Generales" que abarcan todos los trabajos de ajustes y sustituciones ejecutadas durante ese período;

3) Entre dos "Reparaciones Generales" son intercaladas revisiones, reparaciones pequeñas, reparaciones medianas e inspecciones sistemáticas de detección de averías o verificaciones diversas;

4) La Terotecnología es la alternativa técnica capaz de combinar los medios financieros, estudios de fiabilidad, evaluaciones técnico-económicas y métodos de gestión de forma tal que se obtengan ciclos de vida de los equipos cada vez menos costosos. Según este concepto, el corazón de los Sistemas Terotecnológicos, es el mantenimiento;

5) En el TPM se busca el mejor coeficiente de utilización de los equipos, la evaluación de los costos totales de los equipos en función del tiempo y de la incidencia de las intervenciones en el costo de sus ciclos de vida, alargar el período entre intervenciones y elevar el tiempo de operación y elevar por consiguiente la productividad.

Rodríguez (2003) que el Análisis y Diagnóstico consisten en formar un grupo de trabajo de la propia empresa que asesorado o no por consultores externos, evalúa la situación de los diversos aspectos de Gestión del Mantenimiento y otras áreas a ella relacionadas.

Se puede observar que estos cinco momentos han influido en el aspecto tecnológico del desarrollo del mantenimiento, cada uno de ellos ha sido de gran importancia para

lograr hoy en día un mantenimiento que cumpla con todos los requisitos necesarios para lograr un coste-beneficio mayor para la empresa, Sic E, et al (2022)

Nakajima (1991) dice que “Terotecnología” es un nuevo término acuñado en el Reino Unido en 1970. De acuerdo con la definición endosada por la British Standards Institution, es “una combinación de dirección, finanzas, ingeniería y prácticas aplicadas a los activos físicos al perseguir la economía de los costes del ciclo de vida (LCC). Su práctica concierne a la especificación y diseño para la fiabilidad y mantenimiento de la maquinaria de la planta, el equipo, los edificios y estructuras, con su instalación, autorización, modificación y reemplazo y retroacción de la información sobre el diseño, rendimiento y costes”.

### II.1.3.2 Tipos de mantenimiento

#### II.1.3.2.1. Mantenimiento correctivo

“En este tipo de mantenimiento, también llamado mantenimiento “a rotura” (Breakdown maintenance), sólo se interviene en los equipos cuando el fallo ya se ha producido” (Gómez, 1998, p. 25).

“Este método, más indicado que el mantenimiento ante fallo (no correctivo), sólo es aplicable cuando existe disponibilidad suficiente de equipos de repuesto y la sustitución es rápida, económica, y no supone interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo” (Sánchez, Pérez, Sancho y Rodríguez, 2006, p. 12).

“Cuando el servicio de mantenimiento debe intervenir en una reparación de emergencia, producidas por deficiencias no aparentes y por tanto no detectadas en inspecciones preventivas, o bien por posibles errores o negligencias del personal que utiliza los equipos” (Rodríguez, 2003, p. 14).

El mantenimiento correctivo provoca pérdida de tiempo, paros de producción, aumento de los costos, ya que se aplica cuando el fallo o avería ya ocurrió. Este tipo de mantenimiento es el que menos se debería aplicar, Sic E, et al (2022)

#### II.1.3.2.2 Mantenimiento preventivo

Según Gómez (1998):

Como ya se ha indicado, la finalidad última del mantenimiento industrial es asegurar la disponibilidad de los equipos e instalación industriales, para obtener un rendimiento óptimo sobre la inversión total, ya sea de los sistemas de producción, como de los equipos y recursos humanos destinados al mantenimiento de los mismos.

El mantenimiento preventivo supone un paso importante para este fin, ya que pretende disminuir o evitar en cierta medida la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos deteriorados, lo que se conoce como “las Tres erres del mantenimiento”. Si la segunda y la tercera no se realizan, la primera es inevitable, Gómez (1998)

Según Sánchez y otros (2006) indican:

Es un tipo de mantenimiento cuyo objetivo consiste en prevenir el fallo. El mantenimiento preventivo más común es el planificado (PPM, Planned Preventive Maintenance). Se basa en el establecimiento de una rutina sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo.

Según Sánchez y otros (2006) dice que en la mayoría de los casos la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente, independientemente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados o el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos (MTBF, Mean Time Between Failure) del componente.

El mantenimiento preventivo tiene como finalidad evitar que ocurran los fallos y/o averías para así tener la maquinaria y equipo con mayor tiempo de disponibilidad, y así evitar los paros de producción innecesarios, ya que éstos disminuyen la producción y aumentan los costos, Sic E, et al (2022)

#### II.1.3.2.3. Mantenimiento predictivo

“Este mantenimiento, se anticipa a la falla por medio de un seguimiento para predecir el comportamiento de una o más variables de una máquina o equipo” (Callony, 2003, p. 20).

“El mantenimiento predictivo, también conocido como mantenimiento según estado o según condición, surge como respuesta a la necesidad de reducir los costes de los métodos tradicionales –correctivo y preventivo- de mantenimiento” (Gómez, 1998, p. 28).

Según Sánchez y otros (2006) indican:

Este método, también llamado mantenimiento basado en la condición (condition-based maintenance, o condition monitoring) corrige las desventajas del mantenimiento preventivo, al cambiar las sustituciones periódicas en las que no se sustituyen piezas, solo se analiza el estado de la máquina mediante la medida de una serie de parámetros objetivos.

Cuando los parámetros medidos demuestran la inminencia de un fallo, se actúa con una operación correctiva que subsana la causa del fallo y repara o sustituye las piezas dañadas o desgastadas, Sánchez y otros (2006)

Se logra comprender que el mantenimiento predictivo se trata de una serie de estudios y mediciones realizados con el fin de anticiparse a los fallos a través del historial de mantenimiento de la maquinaria o equipo, también corrige algunas fallas que el mantenimiento preventivo no puede evitar, Sic E, et al (2022)

#### II.1.3.2.4. Mantenimiento productivo total

Según González: (2005)

El TPM es un sistema de gestión de mantenimiento que se basa, entre otros fundamentos, en implantar el mantenimiento autónomo, que es llevado a cabo por los propios operarios de producción, lo que implica la corresponsabilización activa de todos los empleados, sobre todo de los técnicos y operarios de la planta.

Para ello como no se le escapará al lector, es necesaria la existencia o creación de una cultura propia que sea estimulante y motivadora, de forma que se fomente el trabajo en equipo, la motivación y el estímulo y coordinación entre producción y mantenimiento, Gonzalez (2005).

“Mediante el MPT se intenta, pues, abarcar una visión más amplia del mantenimiento, que recoja todos aquellos aspectos que inciden de alguna manera en la utilización de los equipos e instalaciones, y por tanto en la capacidad de producción” (Gómez, 1998, p. 30).

“El mantenimiento productivo total, es especial cuando se refiere a máquinas en proceso, el rol principal es mejorar la operación (eliminar tiempos muertos, entre otros) y no solo permitir que el proceso siga su senda productiva” (Acuña, 2003, p. 285).

Según Nakajima (1991):

Una definición completa del TPM incluye los siguientes cinco elementos:

1. El TPM contempla maximizar la efectividad del equipo (efectividad global)
2. El TPM establece un sistema completa de PM para vida entera del equipo.
3. El TPM se implementa por varios departamentos (ingeniería, operaciones, mantenimiento).

- 4 El TPM incluye a cada empleado particular, desde la alta dirección hasta los trabajadores de planta.
5. El TPM se basa en la promoción del PM a través de la dirección de la motivación: actividades autónomas de pequeños grupos.

El mantenimiento productivo total es uno de los más completos ya que involucra al mayor número de personas para la realización del mismo, principalmente a los operarios que son los que trabajan día a día con la maquinaria y saben mejor cuales son las fallas o las causas de las mismas, Sic E, et al (2022)

Este tipo de mantenimiento permite así que el proceso de producción no se detenga, elimina los tiempos perdidos, maximiza la eficiencia de la planta y reduce los costos de producción, Sic E, et al (2022)

#### II.1.3.2.4.1. La implantación de TPM

Según González (2005):

Las metas y objetivos que deben marcarse en una implantación de mantenimiento productivo total son las siguientes:

1. Mejorar significativamente la eficiencia del conjunto de la empresa y la productividad del personal global de producción y mantenimiento.
2. Implantar un sentimiento de propiedad de los operarios de producción sobre sus equipos y sistemas, a través de un programa de formación y, especialmente, de implicación con la nueva técnica.
3. Promover la mejora continua a través de grupos de trabajo que inculquen la idea de unión y coordinación entre producción, ingeniería y mantenimiento que tanta falta hace en muchas empresas;

Al implementar una propuesta de mantenimiento se deben tomar en cuenta factores como:

- Mejorar la eficiencia de la empresa, pero sin poner en riesgo la integridad física de los colaboradores encargados del mantenimiento;
- Promover la mejora continua, para brindar a los trabajadores las herramientas necesarias e innovar tecnológicamente nuestra maquinaria y equipo;
- Capacitar al personal de una forma constante de manera que se haga costumbre realizar un trabajo de calidad, trabajar en equipo y tomar en cuenta la salud y seguridad de todos los involucrados.

#### II.1.3.2.4.2. Las cinco actividades del desarrollo del TPM

Según Nakajima (1991) los detalles prácticos y procedimientos para usar el TPM para maximizar la efectividad del equipo debe desarrollar su propio plan de acción, porque las necesidades y problemas varían, que depende de la compañía, tipo de industria, métodos de producción, y tipo de equipo y condiciones.

Nakajima (1991) dice que generalmente la implantación con éxito del TPM requiere:

1. Eliminar las seis grandes pérdidas para mejorar la efectividad del equipo.
2. Un programa de mantenimiento autónomo.
3. Un programa para el departamento de mantenimiento.
4. Incrementar las capacidades del personal de mantenimiento y operaciones.
5. Un programa inicial de dirección y gestión del equipo.

El TPM es una serie de actividades y operaciones que se unen entre sí para lograr la mayor efectividad al realizar el mantenimiento, en el cual se incluyen a todos los colaboradores de la empresa para que cada uno brinde su granito de arena y se logren alcanzar todos los objetivos por medio del trabajo en equipo, Sic E, et al (2022).

Los objetivos principales del TPM son eliminar las pérdidas, mejorar las capacidades del personal para incrementar la efectividad en la producción, y lograr que el mantenimiento se realice autónomo y de forma continua, Sic E, et al (2022).



**Tabla 2**

Los doce pasos del desarrollo del TPM

<b>FASE</b>	<b>PASO</b>	<b>DETALLES</b>
<b>P R E P A R A C I O N</b>	1. La alta dirección anuncia la introducción del TPM.	Conferencia sobre TPM en la compañía; artículos en periódico compañía.
	2. Programas de Educación y campañas para introducir TPM.	Directores: seminarios/reuniones según niveles.
	3. Crear organizaciones para promover TPM.	Formar comités especiales en cada nivel para promover TPM; establecer oficina central y asignar Staff.
	4. Establecer políticas básicas TPM y metas.	Analizar las condiciones existentes; establecer metas; predecir resultados.
	5. Formular Plan Maestro para desarrollo TPM.	Preparar planes detallados e implantación de las cinco actividades fundamentales.
<b>IMPLANTA- CION PRELIMINAR</b>	6. Organizar un acto de iniciación TPM.	Invitar clientes, afiliadas y compañías cooperadoras.
<b>I M P L E M E N T A C I O N TPM</b>	7. Mejorar la efectividad de cada pieza del equipo.	Seleccionar equipo modelo; formar equipo de proyecto.
	8. Desarrollar un programa de mantenimiento autónomo.	Promover los siete pasos; fabricar útiles de diagnóstico y establecer procedimientos de certificación.
	9. Desarrollar un programa de mantenimiento para el departamento de mantenimiento	Incluye mantenimiento periódico y predictivo y gestión de presupuestos, herramientas, dibujos y programas.
	10. Dirigir entrenamiento para mejorar operación y capacidades de mantenimiento.	Entrenar a los líderes; los líderes comunican información con los miembros del grupo.
	11. Desarrollar programa de gestión equipos fases iniciales.	Diseño MP (prevención de mantenimiento) control d encargos; análisis LCC.
<b>ESTABILIZA- CION</b>	12. Implantación perfecta del TPM y elevación niveles TPM	Evaluación para el premio PM, fijar objetivos más elevados.

Fuente: Nakajima, 1991

#### **II.1.4. Maquinaria y equipo industrial**

Actualmente las maquinas se encuentran en todos los ambientes industrializados que nos facilitan la vida, con algunas tareas sencillas y más difíciles que solo el ser humano no podría realizar, en procesos de extracción de caña de azúcar, fabricación de productos, en este caso el azúcar y sus procesos.

Según Gómez (1998):

La finalidad primordial de cualquier tipo de mantenimiento es como ya se ha explicado, mejorar la disponibilidad de los equipos e instalaciones, manteniéndolos en su correcto estado operativo.

Las dos líneas fundamentales de actuación para conseguir esto son: procurar minimizar los fallos y reducir los tiempos de reparación. Por tanto, una buena política de mantenimiento debe ir encaminada a actuar en estas dos direcciones.

Según Comesaña, (2005):

Una maquina es un conjunto de mecanismos que interrelacionados entre si tienen la facultad de generar una función concreta, con el objetivo de poder desarrollarla repetitivamente según las necesidades de diseños.

Se puede definir como máquina desde un simple sistema de apriete hasta un dispositivo de fabricación complejo.

Comesaña, (2005) dice que un mecanismo es un sistema creado y destinado a transformar el movimiento de uno de sus elementos para imprimírselo a otro componente del mecanismo o a otros cuerpos. Para que se constituya en mecanismo, el sistema de elementos debe reunir las siguientes características:

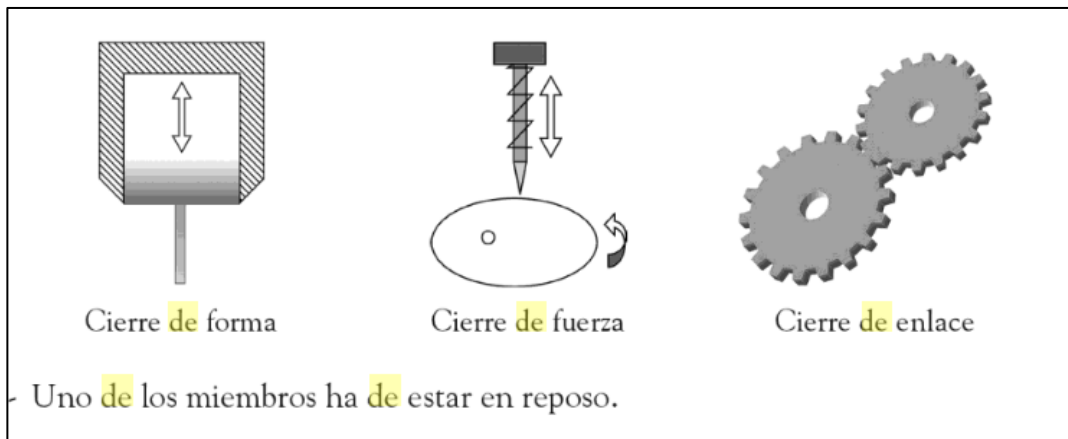
- Los miembros consecutivos deben estar en contacto unos con otros de forma que se permita el movimiento entre ellos.

- Debe existir movimiento relativo entre los miembros. Las diferentes posibilidades vienen determinadas por los distintos tipos de cierres, es decir, por las posibilidades de facilitar el movimiento en función de la clase de contacto entre elementos. Se puede hablar de cierre de forma cuando se asegura el contactor mediante la forma de las superficies adyacentes.

Comesaña, (2005) indica que en este caso el movimiento del embolo lo permite la forma del cilindro. Con el cierre de fuerza un determinado tipo de fuerza asegura el contacto de las superficies, de forma que el contacto del seguidor con la leva asegura mediante el muelle. Con el cierre de enlace no se puede separar las superficies ya que se enlaza entre sí de forma continua. En este caso la unión del engranaje se asegura por la unión continua de los dientes.

**Figura 14**

Union del engranaje



Fuente: Comesaña, 2005

#### II.1.4.1. Tipos de maquinaria

Hay diferentes tipos de máquinas industriales para las cuales se mencionan algunas de las más importantes y conocidas.

PROYMEC (2014) dice que Las máquinas actualmente se encuentran en todos los ambientes y nos sirven para realizar variedad de tareas, desde las más sencillas hasta las más complejas. Este es un tipo de máquina, que incluye varias máquinas en realidad, que se encuentra disponible con el fin de ayudar en los diferentes procesos manufactureros como de fabricación de productos.

PROYMEC (2014) indica que dentro de estas máquinas encontrar por ejemplo la maquinaria agrícola, la cual permite realizar labores como la siembra, también fumigación y cosecha. En este caso en especial la maquinaria se encuentra fabricada para realizar diversas actividades en el campo y que se enfocan en la producción de las diferentes materias primas, así como también en su extracción.

#### II.1.4.1.1. Máquina industrial eléctrica

Este tipo de máquina hace uso de la energía cinética con el fin de transformarla en otra energía. Dentro de ella se puede encontrar tres clases o grupos. La primera son las máquinas generadoras, luego están los transformadores y finalmente se puede encontrar los motores, PROYMEC (2014)

En el caso de los generadores realizan su acción al transformar energía de tipo mecánica en eléctrica, los motores lo hacen con eléctrica a mecánica y los convertidores solo cambian los rasgos de la energía usada. Los transformadores y convertidores conservan la forma de la energía, pero transforman sus características, PROYMEC (2014)

#### II.1.4.1.2. Máquina industrial hidráulica

Este tipo de máquina es la que funciona por medio del aprovechamiento de los fluidos.

Si bien este tipo de máquina no es tan popular como la anterior debe reconocerse que en algunas industrias su uso es fundamental. Así mismo suelen realizar labores

pesadas, por lo cual se encuentra dentro de la clase de maquinaria pesada, PROYMEC (2014)

#### II.1.4.1.3. Máquina industrial tipo térmica

La maquinaria térmica en la actualidad realiza trabajos realmente importantes en diferentes industrias. Ahora y si bien no son tan fácilmente reconocidas debes saber que muchas de estas máquinas se encuentran en uso por ejemplo en los sistemas de transporte. De igual forma este tipo de máquina es muy usado en aquellos procesos donde los productos deben estar en un estado de refrigeración, PROYMEC (2014)

#### II.1.4.1.4. Máquina industrial tipo robótico

Estas máquinas son muy sencillas de reconocer y es que una de sus características más destacadas es claramente su brazo robótico. Este tipo de maquinaria se usa sobre todo en los procesos de producción que requieren del transporte de piezas de un punto a otro. Por eso es común encontrarla dispuestas en diferentes secciones de las cintas transportadoras, Cárdenas A, et al (2022)

### **II.1.5. Causas de fallas en maquinaria**

En el departamento de mantenimiento industrial deben tener muy bien definido el concepto de causa de una falla, donde se debe definir como toda interrupción en el cumplimiento de una función requerida de una máquina o equipo, esta definición nos ayuda a ver cómo se puede originar una falla, Cárdenas A, et al (2022)

El origen de las fallas se puede presentar desde un mal diseño, defectos de fabricación, mal uso de la máquina o equipo, mala instalación, desgaste natural y otras causas. El término falla de una máquina o descompostura implica que la máquina ha dejado de hacer la función por la cual fue diseñada, Cárdenas A, et al (2022)

“Se define falla como la incapacidad de un bien cumplir con las funciones que el usuario espera que realice” (Moubray, 1997, p. 45).

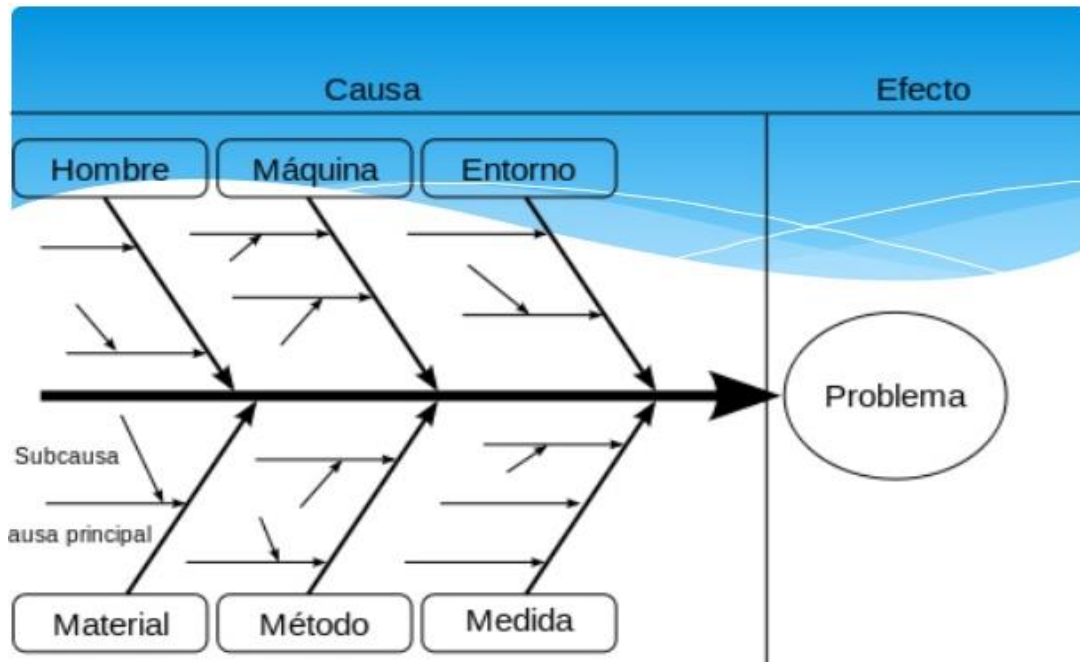
Moubray (1997) hace referencia la importancia de un bien como tal debe cumplir su función por ejemplo si una bomba no fuera capaz de bombear una capacidad estimada de líquidos lo que el usuario espera la considerara como una falla funcional en el equipo.

Según Moubray (1997) establece 7 preguntas sobre bienes seleccionados de una empresa.

- ¿Cuáles son las funciones del bien, y los niveles de desempeño asociados en su contexto operativo actual?
- ¿En qué sentido falla en el cumplimiento de sus funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué ocurre al presentarse la falla?
- ¿De qué modo afecta cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir una falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

**Tabla 3**

Causa y efecto de las fallas



Fuente: Moubray, 1997,

Según Moubray (1997) identifica estas 7 preguntas que están diseñadas para mantener la función de los equipos e identificar las necesidades reales de los activos en su contexto operacional.

#### II.1.5.1. El proceso de fallas

“La ambigüedad de la definición de termino se ha intentado subsanar estableciendo distintas clasificaciones de fallos, otros vocablos utilizados son: averías, defecto, falla, falta, rotura, lesión, daño, desperfecto” (Gómez, 1998, p. 45).

Según Carrasco (2014):

En principio, y a los efectos de la función de mantenimiento industrial, fallo, en el sentido que se le asigna habitualmente, significa que un componente o un sistema no satisfacen o no funciona de acuerdo con las especificaciones. Queda por tanto claro,

que fallo no equivale necesariamente a parada, interrupción del funcionamiento del equipo, o no desempeña en absoluto la función.

Carrasco (2014) indica que cualquier anomalía que tenga que ver con el estado físico del equipo, que conlleva al incumplimiento que debe realizar puede ser señalado como fallo, luego se hace mención importante en el estudio del proceso de fallo se relaciona los aspectos de confiabilidad y calidad en el servicio por parte del personal de mantenimiento.

#### II.1.5.2. Fallas funcionales.

Se define como falla funcional aquel fallo que impide a un sistema en su conjunto cumplir con una función principal, Cárdenas A, et al (2022)

Según Crespo y Parra (2012, p. 130) “una falla funcional se define como una ocurrencia no previsible, que no permite que el activo alcance el funcionamiento esperado en el contexto operacional en el cual se desempeña”.

Según Crespo y Parra (2012) una falla funcional para un activo depende de gran parte del contexto operacional del mismo, pueden decidir sobre una función de forma parcial o total.

##### II.1.5.2.1. Fallas funcionales en el contexto operativo

Según Moubay (1997) nos dice:

La definición exacta de falla en cualquier bien depende en gran medida de su contexto operativo. Esto significa que del mismo modo que no se debe generalizar las funciones de bienes idénticos, se tiene que ser cuidadosos de no generalizar las fallas funcionales.

Para Crespo y Parra (2012) define que, una vez identificado los sistemas críticos, propone que se desarrolle el contexto operacional del sistema a evaluar.



Crespo y Parra (2012) indica que para el desarrollo del contexto operacional hay que tener en cuenta aspectos como, el resumen operativo, el personal y los procesos.

#### II.1.5.3. Análisis de efecto y tipos de fallas

Crespo y Parra (2012) hace su definición de la siguiente manera:

Es un método sistemático que permite identificar los problemas antes de que ocurran y puedan afectar a los procesos y productos en un área determinada, bajo un contexto operacional dado. A partir del análisis realizado por los grupos de trabajo a los distintos activos en su contexto operacional.

Para Crespo y Parra (2012) dicen que el objetivo básico es encontrar las formas y modos en las que puede fallar un activo mediante análisis del proceso y la función que tiene que realizar el activo.

Según Crespo y Parra (2012) esto se hace para mantener en óptimas condiciones y así evitar posibles fallas que puedan afectar la seguridad humana, seguridad del medio ambiente e impacto en la producción.

#### II.1.5.4. ¿Qué es un modo de falla?

Un modo de falla puede ser definido como cualquier evento que causa que un bien, sistema o proceso pueda fallar.

Según Moubrey (1997) es mucho más preciso distinguir entre falla funcional el estado fallido y modo de falla un evento que podría causar un estado de falla. Esto lleva una definición de falla más precisa, un modo de falla es cualquier suceso que cause una falla funcional.

“La mejor manera de demostrar la conexión y distinción entre estados de fallas y los eventos que puedan causarlos es alistar primero las fallas funcionales, luego registrar los modos de fallas que puedan causar cada falla funcional” (Moubrey, 1997, p. 53).

Moubray (1997) indica que la descripción debería contener detalles suficientes para que sea posible seleccionar una estrategia adecuada para poder manejar de tal manera que no se pierda tiempo en el proceso de análisis de la falla.

Moubray (1997) dice que el análisis de los modos de falla en mantenimiento se realizan para evitar errores en las fases o procesos se identifican y se analizan y una vez fundamentado el estudio con datos obtenidos durante el proceso, este análisis trata de evitar fallos que puedan ocurrir en nuestro procesos de mantenimiento, al revisar de forma metodológica y sistemática los mismos y la experiencia acumulada, es un método esencial para lograr la calidad tanto de nivel de mantenimiento como también de la propia ejecución de equipos y en la producción.

Aprender de fallas anteriores tras el análisis del mismo, sin ánimos de búsqueda de culpables sino de causas de fallas y definir medidas preventivas y predictivas para que no se repitan, Moubray (1997)

#### II.1.5.5. ¿Por qué analizar los modos de falla?

Según Moubray (1997).

La mayoría de los gerentes, tiemblan al pensar en el tiempo y esfuerzo que puede significar descubrir las posibles causas de falla. Muchos deciden que es tipo de análisis implica demasiado trabajo, y abandonan la idea en su totalidad. Al hacerlo, estos gerentes pasan por alto el hecho de que, en una base diaria, el mantenimiento se maneja verdaderamente a nivel de los modos de falla.

Moubray (1997) dice:

- Las ordenes o pedidos de trabajo son elevados para cubrir modos de falla específicos
- Los planes diarios de mantenimiento se tratan pura y exclusivamente de cubrir modos de falla específicos.

-En la mayoría de las plantas industriales, los operadores y el personal de mantenimiento tiene reuniones a diario. Estas reuniones consisten prácticamente en su totalidad en discusiones sobre fallas, sus causas, que se hará para repararlas y que puede hacerse para evitar que se repita.

-También se registran cada modo de falla en los sistemas técnicos de historial.

Según Moubray (1997) indica que para descubrir las posibles causas de falla es necesario un análisis de falla al hacer esto se genera una base de datos y el personal de mantenimiento maneja los modos de falla.

Según García (2010) es necesario recordar que el plan de mantenimiento es una de las consecuencias que extraen del análisis de fallos, pero que además de ese plan es necesario:

- Realizar todas las modificaciones propuestas en dicho análisis.
- Poner en práctica las modificaciones en los procedimientos de trabajo de producción.
- Poner en práctica las modificaciones en los procedimientos de trabajo de mantenimiento.

La implementación del análisis de modo de falla debe ser estructurados, al plasmar su desarrollo, conclusiones, soluciones correspondientes en informes elaborados y obligar a los integrantes del grupo como a los jefes del área interesada, realizar de forma segura las mejoras propuestas por el departamento de mantenimiento ya sea para anticiparlo, prevenirlo, detectarlo tempranamente o corregirlo, García (2010).

#### II.1.5.6. Categoría de modo de fallas.

Según Moubray (1997, p. 57).

Algunas personas consideran el mantenimiento se trata únicamente de solucionar el deterioro. Algunas inclusive llegan a especificar que el análisis de efecto y tipos de

fallas solo debería ser aplicado a sus bienes en el caso deterioro, y deberían ignorar otras categorías de fallas (tales como errores humanos y defectos de diseño).

Según Moubray (1997) desafortunadamente para ellos, el deterioro causa un porcentaje sorprendente pequeño de las fallas. En caso, restringir el análisis al deterioro únicamente, puede llevar a una estrategia de mantenimiento extremadamente incompleta. Por otro lado, si uno acepta que el mantenimiento significa asegurar que un bien físico continúe la realización de las funciones que sus usuarios esperan, entonces un programa de mantenimiento comprensivo debe abarcar todas las posibles causas que puedan significar una amenaza para ese funcionamiento. Los modos de falla pueden ser clasificados en uno de tres grupos:

- Cuando la capacidad cae por debajo del desempeño deseado.
- Cuando el desempeño deseado supera la capacidad inicial.
- Cuando el bien no es capaz de cumplir la función esperada desde un comienzo.

Se puede observar que cuando se logra introducir un buen mantenimiento para la vida útil de nuestros activos, prevenimos que ocurran algunas causas de fallas como los fallos infantiles, desgastes, roturas accidentales, errores humanos y defectos de diseño donde se instalara nuestro activo, Moubray (1997)

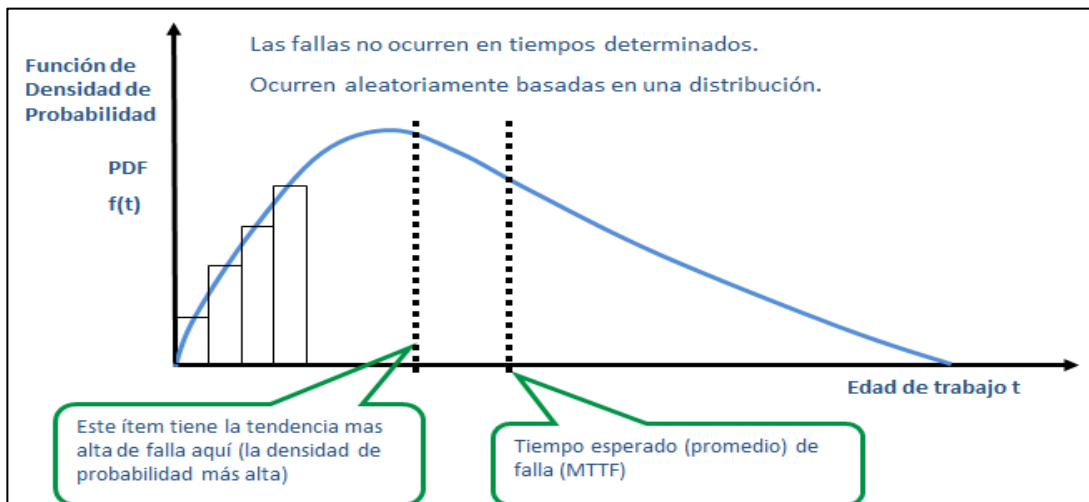
#### II.1.5.7. Funciones de distribución de fallo

Según Gómez (1998) la aparición de un fallo en cualquier sistema, en un determinado instante de tiempo, es algo que no puede preverse de forma exacta, sino que responder a la acción de múltiples variables de tipo aleatorio: calidad de cada uno de los componentes del sistema y del montaje, condiciones de la instalación, interacción con otros sistemas, influencia de agentes externos, condiciones ambientales y operativas, régimen de carga, envejecimiento de los materiales. Se trata en definitiva de un fenómeno estocástico y, como tal, solo puede estudiarse al seguir métodos probabilísticos.

Puesto que el instante de tiempo en el que va a producirse un fallo no puede averiguarse por métodos deterministas, desde un punto de vista cuantitativo solo podrá hablarse de la probabilidad de ocurrencia de fallo en dicho instante de tiempo. La función que da la probabilidad de que se produzca un fallo antes de sobrepasar un instante de tiempo dado, se denomina función de distribución de fallo, Gómez (1998)

La adopción de un modelo matemático de función de distribución, que represente a la distribución real de fallo del sistema (o conjunto de sistemas) en estudio, dependerá del grado de ajuste de los datos reales con el modelo en cuestión, Gómez (1998)

**Tabla 4**  
Función de densidad de probabilidad



Fuente: Gómez, 1998

Según Gómez (1998) se puede observar que influyen muchos los componentes donde se sitúa la máquina o activo de un modelo en función de lo que se espera que haga, al estudiar todos estos componentes se puede obtener probabilidades donde ocurrirá un fallo, no se tendría un dato exacto en que tiempo ocurrirá, pero si estar preparados para dicho evento y solucionarlo de la mejor manera.

#### II.1.5.8. La curva de bañera

Según González (2005):

En cualquier equipo, desde un punto de vista tradicional, la fase de puesta a punto o puesta en operación del mismo se caracteriza por un número de averías superior a la considerada normal durante su explotación. Este periodo, comúnmente denominado “mortalidad infantil”, disminuye a medida que pasa el rodaje inicial, se implementan las primeras modificaciones definidas durante la puesta en marcha o se optimizan los primeros ajustes y software.

A continuación, se tiene un periodo relativamente dilatado en el que la probabilidad de fallos o número de averías es más o menos constante, produciéndose los mismos de manera totalmente aleatoria y sin una casualidad claramente identificada, González (2005).

Este periodo, más el anterior, se denomina “vida útil”, aunque hay algunos autores que denominan solo vida útil al periodo de fallos aleatorios estadísticamente constantes, Cárdenas A, et al (2022).

Al pasar el período de vida útil en el que los fallos son totalmente aleatorios y el equipo técnico de mantenimiento poco (o nada) puede hacer para anticiparse a ellos, aparece un aumento paulatino de averías que históricamente se han asimilado a desgastes, deterioros por fatiga, envejecimientos mecánicos, entre otros, González (2005).

En las nuevas tecnologías basadas en componentes analógicos y digitales electrónicos, este aumento de la tasa de fallos a partir de un determinado momento es muy poco conocido salvo en algunos componentes discretos como condensadores electrolíticos, resistencias, bobinas y más, en los que sí se sabe que a partir de un determinado momento falla, González (2005).

**Tabla 5**

La curva de la bañera



Fuente: González, 2005

La vida útil de los equipos o maquinas industriales pueden medirse mediante la antes mencionada curva de la bañera, incluye las etapas por la que pasan los equipos y resulta muy práctico para poder prevenir o predecir la falla que pueda ocurrir en nuestro equipo de proceso de producción, González (2005).

#### II.1.5.9. Determinación del repuesto a partir del análisis de fallo

Según García (2010) El análisis de fallo tiene sus consecuencias no solo en la elaboración del plan de mantenimiento, sino también en la determinación del stock de repuestos que debe permanecer en la planta

Según García (2010):

Como se detalla en ese capítulo, basta analizar cada uno de los fallos para determinar que es importante tener en stock, con el objetivo de buscar un equilibrio entre el coste financiero asociado a la inmovilización de capital y la disponibilidad de los equipos. Para cada uno de los fallos analizados se debe hacer las siguientes preguntas:

- ¿El fallo afecta a un equipo crítico por producción, calidad, seguridad o mantenimiento?
- ¿Es posible prever el fallo con algún tipo de inspección?
- ¿Desde que se detecta el fallo hasta que afecta al equipo, hay tiempo suficiente para adquirir el repuesto?
- ¿Es posible adoptar alguna medida provisional a la espera del repuesto?
- ¿Se tarda lo mismo en reparar el fallo, haya o no haya repuesto?

Es importante como se menciona tener un amplio stock de repuestos para algunas de las fallas que puedan ocurrir, ya sea fallas imprevistas y así lograr reducir el tiempo de reparación, o fallas que se hayan detectado y se puedan reparar en una programación determinada sin afectar a la producción, Cárdenas A, et al (2022).

#### **II.1.6. Costos**

Gomes (1998) dice que para determinar cuál es la inversión requerida para implantar un plan de mantenimiento, acorde con las necesidades de las instalaciones, deben realizarse previamente las siguientes averiguaciones:

- La lista total de averías reparadas que incluye; los médicos materiales y repuestos utilizados, medios de transportes, y recursos humanos;
- Detalles de los tiempos de reparación;
- De cada una de las reparaciones, se detallan los repuestos, materiales auxiliares, transportes y horas/hombre;
- Relación de daños ocasionados por cada fallo o parada;
- Estimación de las pérdidas derivadas de la parada o disminución de la producción.



Gómez (1998) dice que esta información debe venir referida a un periódico de tiempo suficientemente representativo, generalmente un año o más. Además, existen otro conjunto de datos cuya valoración exacta no puede realizarse por no haberse presentado nunca, pero de los que sí pueden hacerse una estimación. Tales son las pérdidas derivadas por ciertas averías o fallos imprevistos de equipos que son críticos para la producción o para la seguridad de la instalación.

Sic E, at el (2022), se logra comprender que para lograr tener un plan de mantenimiento se requiere información de tiempos perdidos causados por paros no programados, por averías o fallas, material, repuestos utilizados y mano de obra.

Según Gómez (1998):

El examen de todos estos datos puede dar, en primer lugar, una idea acerca de los beneficios que reportaría un adecuado plan de mantenimiento. En segundo lugar, la valoración de los costes producidos por los fallos, más los derivados por improducción, permite establecer un límite aproximado de la inversión requerida para implantar el plan de mantenimiento.

Según Gómez (1998) los gastos necesarios para poner en marcha un plan de mantenimiento pueden dividirse en la siguiente partida:

- 1) Coste de la instrumentación, instalación y equipamiento necesario.
- 2) Coste de las modificaciones pertinentes en los equipos y en la instalación existente.
- 3) Coste del personal encargado de realizar la instalación del plan.
- 4) Coste de la integración del plan de mantenimiento de la estructura de la producción
- 5) Preparación y adiestramiento del personal encargado de ejecutar el plan.
- 6) Coste del personal destinado a ejecutar el plan.

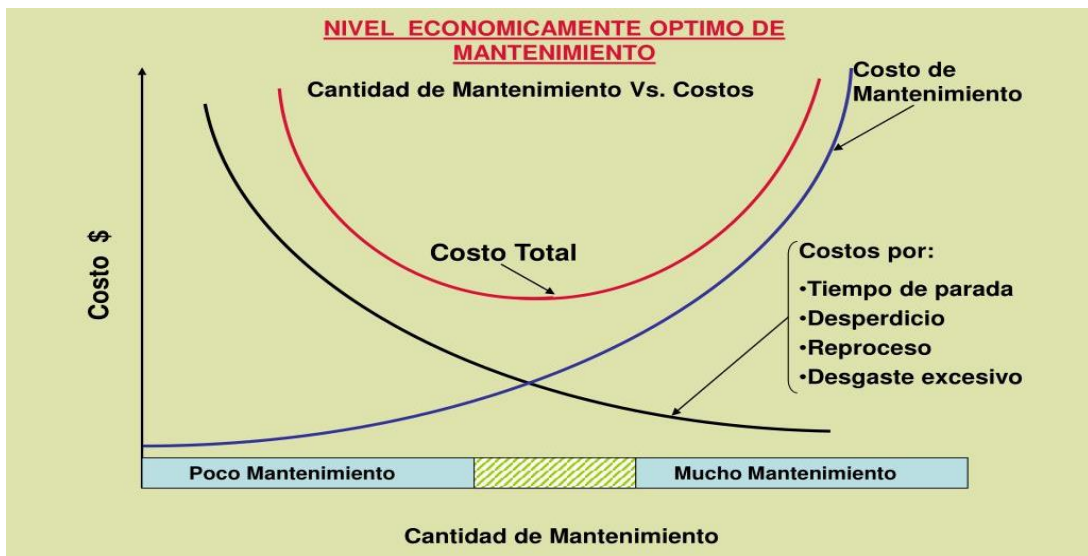
Gómez (1998) dice que se observa, en cualquier caso, siempre existirá un gasto inicial que resulta necesario para poner en marcha un plan de mantenimiento. Ahora bien, de nada sirve realizar una inversión inicial, si esta no se pone a funcionar. Por tanto, junto a esta inversión inicial, deberá dotarse los fondos suficientes para la ejecución de dicho plan.

El plan de mantenimiento ejerce muchas funciones y la cual es mantener la reducción de costos, si bien se sabe se hace una inversión lo cual es un costo para la empresa, y para eso se tiene que poner a funcionar para que se vea reflejado en resultados, Sic E, at el (2022)

Según Gómez (1998) en la figura se muestra como al incrementar el grado de mantenimiento efectuado a la planta, evolucionan los costes de la inversión en el plan de mantenimiento que aumentan y los costes provocados por la averías y reparaciones que disminuirán.

**Tabla 6**

Nivel economico optimo de mantenimiento



Fuente: Gómez, 1998

Según Gómez (1998) puede observarse que existe una zona en la que el gasto total se minimiza. Con niveles de mantenimiento por debajo de este valor, se tendría que la inversión realizada es inferior a la que producirá el nivel de mantenimiento más rentable, mientras que con inversiones superiores a las del valor referido, no disminuirán de forma rentable los costes derivados de las averías y reparaciones. Por tanto, puede afirmarse que para cada instalación existe una inversión óptima en mantenimiento, por encima de la cual, si bien los costes derivados de las averías y reparaciones siguen en disminución, no lo hacen en la misma proporción que la inversión requerida para ello, por lo que, en definitiva, dejan de ser rentables los incrementos realizados en la inversión en mantenimiento.

#### II.1.6.1. Costo mínimo de conservación

Según Dounce (2014):

Los departamentos de conservación de la mayoría de las empresas carecen de un sistema de control que les permita orientar al personal de planeación de la conservación sobre el aspecto económico de los trabajos que día a día se llevan a cabo. Como es sabido, la calidad del servicio que debe proporcionarnos un recurso (equipo, instalación o construcción) está ligada fundamentalmente al costo-beneficio que se obtiene mediante las labores o cuidados que se le suministren al recurso en cuestión; mientras mayor sea el número y calidad de dichas labores, el funcionamiento del recurso es mejor, hasta llegar a cierto límite, que más adelante se estudiará.

Dounce (2014) dice que cualquier método para determinar la cantidad y calidad de las labores que deben proporcionarse este sujeto a una serie de factores, como la calidad de servicio que debe entregarse al cliente, el tiempo de empresa, la habilidad de su personal de conservación y producción, la obsolescencia de sus equipos, la calidad de estos.

El costo mínimo de conservación se enfoca en el ahorro de dinero con el fin de obtener una herramienta que nos permitan verificar la calidad de los servicios y labores antes de entregarse al cliente o dentro de la misma empresa con el fin de reducir los costos a un grado de aceptación, Sic E, at el (2022)

Según Dounce (2014, p. 94) para obtener un punto confiable de referencia es necesario conocer dos factores:

1. Los costos de conservación.
2. Los costos de tiempo de paro.

A la interacción de estos nos da el costo combinado, y este nos muestra cual es el costo mínimo de conservación.

Dounce (2014) dice que se llama costos de conservación a los que generan el material y la mano de obra destinados al cuidado de los recursos para permitir que estén adecuadamente preservados y proporcionen el nivel de servicio estipulado.

Según Dounce (2014) dichos costos se presentan cada año como el presupuesto de conservación, y ya en operación se informa mensualmente a la jefatura de conservación de los gastos incurridos, con el fin de compararlos con lo presupuestado y, en caso necesario, tomar las medidas correctivas que se consideren convenientes.

Según Dounce (2014) se llama costos de tiempo de paro a los incurridos por un funcionamiento fuera de la calidad estipulada de una máquina, equipo, instalación o construcción, a cargo del departamento de conservación y en ellos se tiene en cuenta lo siguiente:

- a) Producción perdida. Aquí debe considerarse el valor de los que se dejó de percibir por que el recurso quedo fuera de la calidad de servicio estipulada;

b) Desperdicio y reelaboración. En este caso se considera el valor del producto que es inservible o que es necesario reelaborar porque funciona mal el recuerdo; se resta todo lo que pueda recuperarse;

c) Deterioro del equipo, instalación o construcción. Aquí se considera la depreciación excesiva del recurso producto de la mala calidad de la mano de obra de conservación o de operación.

Dounce (2014) dice que es importante mencionar que los costos de paro no siempre tienen un valor constante, ya que este depende de factores que pueden variar de una hora a otra. Por ejemplo, una maquina puede tener su carga máxima de trabajo de las 10 a las 13 horas, y antes y después de este lapso un nivel de trabajo un poco menor, por lo que un paro dentro del horario señalado tendrá un costo mayor que los registros en otro horario si se considera estos factores, se podrá construir una gráfica que oriente sobre cuál es la cantidad óptima de conservación que se debe suministrar a un recurso específico o, en forma integral, a todos los recursos de la empresa para conocer.

Dounce (2014, p. 94) “Se puede observar que, cuando el costo de paro es igual al costo de conservación, se obtiene el costo mínimo de conservación y que, con base en esto, se establece el nivel de costos de conservación”

$$\text{Nivel de costos de conservación} = \frac{\text{costo de paro}}{\text{costo de conservación}} \times 100$$

### II.1.6.2. Costos globales

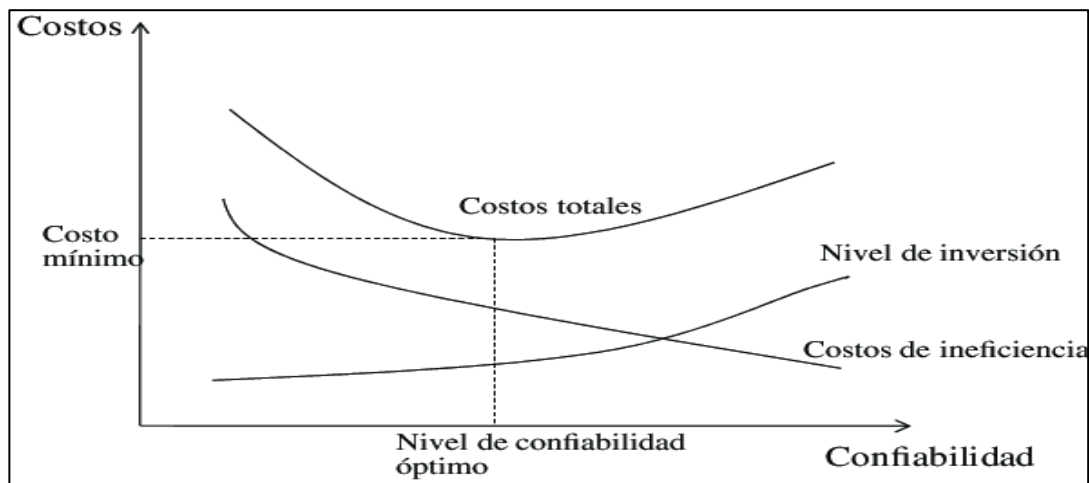
Según Andreani (2009):

Todo sistema tiene un indicador de disponibilidad condicionado por la confiabilidad y la mantenibilidad del mismo. Por otra parte, la indisponibilidad de los sistemas (o equipos) genera costos e ineficiencia por no producción o por falta de servicio.

Dice Andreani (2009) que en algunos sistemas industriales, los costos de ineficiencia son tan elevados que es económicamente conveniente considerar equipos de respaldo (o en redundancia), para así lograr la disponibilidad ideal del sistema. Obviamente, los equipos adicionales deben respaldar a los equipos más críticos del sistema.

Según Andreani (2009, p. 39) para decidir acerca del nivel de redundancia más conveniente se debe obtener la curva de costos globales.

**Tabla 7**  
Curva de costos globales



Fuente: Andreani, 2009

Según Andreani (2009) un aumento de la confiabilidad se puede obtener por una inversión a nivel de:

- Proyecto: Por un aumento del nivel de redundancia, sobre dimensionamiento de la instalación o por mejoras de diseño.
- Operación: Por mejores estrategias de mantenimiento.

Según Andreani (2009) los costos globales son la cuantificación de todos los costos incurridos el ciclo de vida de un proyecto o instalación, y puede ser descrito por la relación siguiente.

Costo global = Costo capital fijo + Costo operacional + Costo de ineficiencia

Según Andreani (2009) el costo de capital fijo (o de inversión) queda determinado por el costo de los equipos e instalaciones asociados al proyecto. También puede considerarse el capital de trabajo requerido para la operación.

En general se puede representar por:

$$C_{\text{inversión}} = N * C_e$$

Donde C corresponde al costo de equipo instalado y N el número de equipos.

El costo de capital es muy importante para la empresa al tomar en cuenta la valoración de los equipos en el mercado, es muy importante para que la empresa produzca, funcione y genere capital.

Según Andreani (2009) el costo operacional queda definido por la cuantificación de todos aquellos elementos propios de la operación de un sistema tales como: insumos, energía y repuestos. El costo operacional se genera mientras la empresa funciona o genera ingresos y cuando éste deje de hacerlo éste dejara de generar ese costo.

Según Andreani (2009) el costo de ineficiencia está dado por el costo asociado a la indisponibilidad de la instalación durante el periodo de evaluación, se puede representar e la siguiente manera:

$$C.ineficiencia = \sum_{k=1}^n \frac{1}{(1+i)^k} \cdot H \cdot Ci \cdot (1 - A_{sistema}) \quad (3.48.)$$

En donde:

- $C_i$  : Costos de ineficiencia horario (\$/h; U\$/día, etc.)
- $H$  : Período de evaluación dentro del horizonte del proyecto.
- $A_{sistema}$  : Disponibilidad del sistema.
- $i$  : Tasa de costo de capital de la empresa.
- $n$  : Años de operación.

### II.1.7. Legislación nacional

Sic E, et al (2022), para lograr que la propuesta de un plan de mantenimiento se lleve a cabo sin ninguna complicación hay algunas leyes que se deben tomar en cuenta para resguardar la seguridad de los colaboradores y también los bienes y recursos de la empresa.

A continuación, se mencionan las bases legales referentes a la salud, bienestar y seguridad de los colaboradores para realizar sus labores dentro de la empresa en Guatemala y sus artículos para su cumplimiento.

#### II.1.7.1. Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016:

Se describen los artículos más importantes referentes a la seguridad para poder realizar un mantenimiento productivo correcto en el trabajo, al hacer referencia al marco teórico trabajado.



Artículo 1. “El presente reglamento tiene por objeto regular las condiciones generales de Salud y Seguridad Ocupacional, en las cuales deben ejecutar sus labores los trabajadores de entidades y patronos privados, del Estado, de las municipalidades y de las instituciones autónomas, semiautónomas y descentralizadas con el fin de proteger la vida, la salud y su integridad, en la prestación de sus servicios” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 6. “Se prohíbe a los Patronos:

- a) Poner o mantener en funcionamiento maquinaria o equipo que no esté debidamente protegida en los puntos de transmisión de energía, en las partes móviles y en los puntos de operación.
- b) Constituir como requisito para obtener un puesto laboral, el resultado de la prueba de VIH/SIDA.
- c) Considerar la infección de VIH/SIDA, como causal para la terminación de la relación laboral.
- d) Discriminar y estigmatizar a las personas que viven con VIH/SIDA, de igual manera, violar la confidencialidad y el respeto a la integridad física y psíquica de la cual tienen derecho estas personas.
- e) Permitir la entrada a los lugares de trabajo a personas en estado etílico o bajo la influencia de algún narcótico o estupefaciente” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 7. “En los trabajos que se realizan en establecimientos comerciales, industriales y agrícolas, en los que se usan materias asfixiantes, tóxicas, infectantes, o específicamente nocivos para la salud, el empleador queda obligado a advertir al trabajador el daño a la salud humana y al ambiente que puede causar trabajar con productos químicos y desechos peligrosos, también es obligación del patrono:

- a) Identificar de manera adecuada, las áreas de almacenamiento de equipos, productos químicos y desechos peligrosos, para minimizar la exposición y el riesgo a la salud de los trabajadores y de la población, así mismo, estos lugares de almacenamiento deben estar diseñados conforme a la normativa nacional vigente.
- b) El empleador no debe exponer a los trabajadores, sin las medidas preventivas y de protección adecuadas, a equipos de producción, generación y a procesos de manipulación, almacenamiento y comercialización, transporte y/o distribución que contengan productos químicos y/o desechos peligrosos contaminantes que causen daño a la salud y al ambiente.
- c) El empleador debe capacitar a los trabajadores con las mejores técnicas disponibles, prácticas ambientales y de salud laboral, para realizar el manejo seguro de los distintos productos químicos y desechos peligrosos que se utilicen en el trabajo y en caso de emergencias o accidentes, así como proporcionar el equipo de protección personal necesaria y apta para el mismo; y,
- d) Se debe contar con un inventario de todos los productos químicos y desechos peligrosos que existan en el lugar de trabajo, de igual manera con instructivos en idioma español, para el manejo rutinario de los mismos y de procedimientos en casos de accidentes o emergencias” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 8: “Todo trabajador está obligado a cumplir con las normas sobre SSO, indicaciones e instrucciones que tengan por finalidad proteger su vida, salud e integridad corporal y psicológica. Así mismo está obligado a cumplir con las recomendaciones técnicas que se le dan, en lo que se refiere al uso y conservación del equipo de protección personal que le sea suministrado, a las operaciones y procesos de trabajo indicados para el uso y mantenimiento de la maquinaria” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 45. “Las escaleras de mano deben ofrecer siempre las garantías necesarias de solidez, estabilidad y seguridad, en su caso, de aislamiento incombustible” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 87. “La manipulación manual de cargas a cualquier operación de transporte o sujeción de una carga por parte de uno o de varios trabajadores, como el levantamiento, la colocación, el empuje, la tracción o el desplazamiento, que por sus características o condiciones ergonómicas inadecuadas pueda implicar riesgos físicos, en particular, cuando el esfuerzo físico puede producir un riesgo dorso lumbar para los trabajadores” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 105. “Las señales de seguridad, se han de utilizar para la identificación de aquellos riesgos que no han podido ser controlados o minimizados por las técnicas de la SSO, o para la ubicación de los equipos contra incendios y salvamento” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 106. “Las señales de seguridad deben basarse en combinación del mensaje en cuanto a prohibición, protección contra incendios, advertencia, obligación y salvamento; Las figuras geométricas, consistentes en círculos, triángulos, cuadrados, rectángulos y los colores de seguridad” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 163. “En las zonas de trabajo que carezcan de iluminación natural o ésta sea insuficiente o se proyecten sombras que dificulten las operaciones laborales, se debe emplear iluminación artificial” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 237. “A todos aquellos trabajadores expuestos a radiaciones luminosas, infrarrojas, ultravioletas, agentes químicos y biológicos, así como polvos, humos, neblinas, gases, vapores y voladura de partículas, se debe proteger la cara de todos

estos agentes causales de daño según sea el caso en particular” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 264. “En todo trabajo con peligro de caída, en alturas superiores a un metro con ochenta centímetros (1.80 mts.), debe utilizarse el equipo de protección personal el cual debe contener como mínimo las siguientes partes:

- a) Anclaje;
- b) Soporte para el cuerpo (arnés de cuerpo completo);
- c) Conector (Línea de vida).

Estos equipos deben cumplir con los estándares de calidad y seguridad” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 284. “Todo centro de trabajo debe disponer de abastecimiento suficiente de agua purificada en proporción al número de trabajadores, de forma gratuita, fácilmente accesible a ellos y distribuidos en lugares próximos a los puestos de trabajo” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 306. “En las instalaciones y equipos eléctricos para la protección de las personas contra los contactos con partes habitualmente en tensión se debe adoptar algunas de las prevenciones siguientes:

- a) Se debe alejar las partes activas de la instalación a distancia suficiente del lugar donde las personas habitualmente se encuentran o circulan, para evitar un contacto fortuito o por la manipulación de objetos conductores cuando estos puedan ser utilizados cerca de la instalación.
- b) Se deben recubrir las partes activas con aislamiento apropiado, que conserven sus propiedades indefinidamente y que limiten la corriente de contacto o a un valor inocuo

c) Se deben interponer obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos de protección deben estar fijados en forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 316. “En la instalación y utilización de soldadura eléctrica, son obligatorias las prescripciones siguientes:

a) Las masas de cada aparato de soldadura deben estar puestas a tierra, así como uno de los conductores de circuito de utilización para soldadura. Debe ser admisible la conexión de uno de los polos de circuito de soldeo a estas masas cuando por su puesta a tierra no provoquen corrientes vagabundas de intensidad peligrosa. En caso contrario, el circuito de soldeo debe estar puesto a tierra en el lugar de trabajo.

b) La superficie exterior de la porta electrodos y en lo posible sus mandíbulas, debe estar aislados.

c) Los bornes de conexión para los circuitos de alimentación de los aparatos manuales de soldadura deben estar cuidadosamente aislados.

d) Cuando los trabajos de soldadura se efectúen en locales muy conductores, no deben emplearse tensiones superiores a 50 voltios, o en otro caso, la tensión en vacío entre el electrodo y la pieza a soldar no superará los 90 voltios en corriente alterna a los 150 voltios en corriente continua. El equipo de soldadura debe estar colocado en el exterior del recinto en que opera el trabajador.

e) El soldador y sus ayudantes en las operaciones propias de la función dispondrán y utilizarán viseras, capuchones o pantallas para protección de su vista y discos o manoplas para proteger sus manos, mandiles o gabachas de cuero y botas” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 370. “Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, debe usar ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas o portaherramientas a la cintura y utilizarán calzado aislante o al menos sin herrajes ni clavos en las suelas” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

Artículo 448. “Los engranajes al descubierto, con movimiento mecánico o accionados a mano, deben estar protegidos con cubiertas completas, que, sin necesidad de levantarlas, permitan engrasarlos” (Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus reformas 33-2016).

#### 2.1.7.2. Código de Trabajo de la República de Guatemala

En el decreto 1441 del Congreso de la República de Guatemala se mencionan los artículos siguientes, los cuales hacen referencia a la seguridad de los colaboradores al momento de realizar sus labores. Estos artículos deben cumplirse por todo tipo de empresa pública o privada en el país.

Artículo 197. “Todo empleador está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la seguridad y la salud de los trabajadores en la prestación de sus servicios. Para ello, deberá adoptar las medidas necesarias que vayan dirigidas a

- a) Prevenir accidentes de trabajo, velando porque la maquinaria, el equipo y las operaciones de proceso tengan el mayor grado de seguridad y se mantengan en buen estado de conservación, funcionamiento y uso, para lo cual deberán estar sujetas a inspección y mantenimiento permanente;
- b) Prevenir enfermedades profesionales y eliminar las causas que las provocan;
- c) Prevenir incendios
- d) Proveer un ambiente sano de trabajo;

- e) Suministrar cuando sea necesario, ropa y equipo de protección apropiados, destinados a evitar accidentes y riesgos de trabajo;
- f) Colocar y mantener los resguardos y protecciones a las máquinas y a las instalaciones, para evitar que de las mismas pueda derivarse riesgo para los trabajadores;
- g) Advertir al trabajador de los peligros que para su salud e integridad se deriven del trabajo;
- h) Efectuar constantes actividades de capacitación de los trabajadores sobre higiene y seguridad en el trabajo;
- i) Cuidar que el número de instalaciones sanitarias para mujeres y para hombres estén en proporción al de trabajadores de uno u otro sexo, se mantengan en condiciones de higiene apropiadas y estén además dotados de lavamanos;
- j) Que las instalaciones destinadas a ofrecer y preparar alimentos o ingerirlos y los depósitos de agua potable para los trabajadores, sean suficientes se mantengan en condiciones apropiadas de higiene;
- k) Cuando sea necesario, habilitar locales para el cambio de ropa, separados para mujeres y hombres;
- l) Mantener un botiquín previsto de los elementos indispensables para proporcionar primeros auxilios. Las anteriores medidas se observarán sin perjuicio de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables” (Código de Trabajo, 1961).

Artículo 198. “Todo patrono está obligado a acatar y hacer cumplir las medidas que indique el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social con el fin de prevenir el acaecimiento de accidentes de trabajo y de enfermedades profesionales” (Código de trabajo, 1961).

### 2.1.7.3. Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo

El reglamento sobre higiene y seguridad en el trabajo fue creado por el Instituto Guatemalteco de Seguridad Social, el propósito es velar por la higiene y seguridad de los colaboradores en cada una de las áreas de trabajo mediante los artículos siguientes:

Artículo 4. “Todo patrono o su representante, intermediario o contratista debe adoptar y poner en práctica en los lugares de trabajo, las medidas adecuadas de seguridad e higiene para proteger la vida, la salud y la integridad corporal de sus trabajadores, especialmente en lo relativo:

- a) A las operaciones y procesos de trabajo.
- b) Al suministro, uso y mantenimiento de los equipos de protección personal.
- c) A las edificaciones, instalaciones y condiciones ambientales; y
- d) A la colocación y mantenimiento de resguardos y protecciones de las máquinas y de todo género de instalaciones” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 5. “Son también obligaciones de los patronos:

- a) Mantener en buen estado de conservación, funcionamiento y uso, la maquinaria, instalaciones y útiles.
- b) Promover la capacitación de su personal en materia de higiene y seguridad en el trabajo.
- c) Facilitar la creación y funcionamiento de las “Organizaciones de Seguridad” que recomienden las autoridades respectivas.



d) Someter a exámenes médicos a los trabajadores para constatar su estado de salud y su aptitud para el trabajo antes de aceptarlos en su empresa y una vez aceptados, periódicamente para control de su salud; y ver normas relativas a exámenes médicos de los trabajadores, publicadas en el Diario Oficial el 10 de febrero de 1982.

Colocar y mantener en lugares visibles, avisos, carteles, etc., sobre higiene y seguridad” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 6. “Se prohíbe a los patronos:

a) Poner o mantener en funcionamiento maquinaria o herramienta que no esté debidamente protegida en los puntos de transmisión de energía; en las partes móviles y en los puntos de operación.

b) Permitir la entrada a los lugares de trabajo de trabajadores en estado de ebriedad o bajo la influencia de algún narcótico o droga enervante” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 7. “En los trabajos que se realicen en establecimientos comerciales, industriales o agrícolas, en los que se usan materias asfixiantes, tóxicas o infectantes o específicamente nocivas para la salud o en las que dichas materias puedan formarse a consecuencia del trabajo mismo, el patrono está obligado a advertir al trabajador el peligro a que se expone, indicarle los métodos de prevenir los daños y proveerle los medios de preservación adecuados” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 8. “Todo trabajador está obligado a cumplir con las normas sobre higiene y seguridad indicaciones e instrucciones que tengan por finalidad protegerle en su vida, salud e integridad corporal.

Asimismo, estará obligado a cumplir con las recomendaciones técnicas que se le den en lo que se refiere al uso y conservación del equipo de protección personal que les sea suministrado a las operaciones procesos de trabajo y al uso y mantenimiento de las protecciones de maquinaria” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 9. “Se prohíbe a los trabajadores:

- a) Impedir que se cumplan las medidas de seguridad en las operaciones y procesos de trabajo.
- b) Dañar o destruir los resguardos y protecciones de maquinaria e instalaciones o removerlos de su sitio sin tomar las debidas precauciones.
- c) Dañar o destruir los equipos de protección personal o negarse a usarlos sin motivo justificado.
- d) Dañar, destruir o remover avisos, o advertencias sobre condiciones inseguras o insalubres.
- e) Hacer juegos o bromas que se pongan en peligro su vida, salud o integridad corporal o las de sus compañeros de trabajo.
- f) Lubricar, limpiar o reparar maquinas en movimiento a menos, que sea absolutamente necesario y que se guarden todas las precauciones indicadas por el encargado de la maquina; y.
- g) Presentarse a sus labores o desempeñar las mismas en estado de ebriedad o bajo la influencia de un narcótico o droga enervante” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 23. “los locales de trabajo deben tener la iluminación adecuada para la seguridad y buena conservación de salud de los trabajadores. La iluminación debe

ser natural, disponiéndose una superficie de iluminación proporcionada a la del local y clase de trabajo, complementándose mediante luz artificial. Cuando no sea factible la iluminación natural, debe sustituirse por la artificial en cualquier forma y siempre que ofrezca garantía de seguridad, no vicié la atmósfera del local, ni ofrezca peligro de incendio para la salud del trabajador, el número de fuentes de luz, su distribución e intensidad, deben estar en relación con altura, superficie de la local y trabajo que se realice. Los lugares que ofrezcan lugares de peligro de accidente deben estar especialmente iluminados. La iluminación natural, directa o refleja, no debe ser tan intensa que exponga a los trabajadores a sufrir accidente o daños en su salud” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 24. “todos los locales de trabajo y dependencias anexas deben, mantenerse siempre en buen estado de aseo, para los cuales realizarán las limpiezas necesarias. No se permite el barrido ni operaciones de limpieza de suelo, paredes y techo susceptibles de producir polvo, para lo cual deben sustituirse por la limpieza húmeda practicada en cualquier forma o mediante la limpieza por aspiraciones. La limpieza deberá hacerse fuera de las horas de trabajo, siendo preferible hacerla después de terminar la jornada que antes de comienzo de esta, en cuyo caso debe realizarse con la antelación necesaria para que los locales sean ventilados durante media hora, por lo menos antes de la entrada de los trabajadores a sus labores” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 55. “los locales de trabajo en los que se desprenden polvo, gases o vapores fácilmente inflamables, incómodos o nocivos para la salud, deben reunir las condiciones máximas de ventilación, iluminación, temperatura y grado de humedad el piso paredes y techo, así como las instalaciones deben ser de materiales no atacables por los agentes indicados y susceptibles de ser sometido a la limpieza y labores convenientes, Dentro de los centros de trabajo, estos locales

deben aislarse con el objeto de evitar riesgos a la salud de los trabajadores entregados a otras labores” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

Artículo 62. “Cuando se manipules materias orgánicas susceptibles de descomposiciones los locales, deben mantenerse limpios y libres de residuos o desechos de las mismas. Cuando se emplean sustancias orgánicas putrescibles o susceptibles de contener gérmenes infecciosos, aquellas y vi Cayes perjuicio a la industria o al personal. De no poder hacerse, deben extrañarse las medidas higiénicas en cuanto a la limpieza general y protección de los trabajadores” (Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo, 1957).

II.1.7.4. Constitución política de la república de Guatemala, Acuerdo legislativo 18-93.

Al realizar trabajo de mantenimiento industrial se corre mucho peligro y se está expuesto a enfermedades ocupacionales por lo cual la constitución política garantiza la protección, la vida y la salud de las personas.

La constitución política de la república es la máxima autoridad de nuestro país y hace mención en algunos de sus artículos sobre las responsabilidades del Estado y las empresas de cuidar del bienestar de las personas.

Artículo 1. “Protección a la Persona. El Estado de Guatemala se organiza para proteger a la persona y a la familia; su fin supremo es la realización del bien común” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 3. “El Estado garantiza y protege la vida humana desde su concepción, así como la integridad y la seguridad de la persona” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 93.- “Derecho a la salud. El goce de la salud es derecho fundamental del ser humano, sin discriminación alguna” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 94.- “Obligación del Estado, sobre salud y asistencia social. El Estado velará por la salud y la asistencia social de todos los habitantes. Desarrollará, a través de sus instituciones, acciones de prevención, promoción, recuperación, rehabilitación, coordinación y las complementarias pertinentes a fin de procurarles el más completo bienestar físico, mental y social” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 95.- “La salud, bien público. La salud de los habitantes de la Nación es un bien público. Todas las personas e instituciones están obligadas a velar por su conservación y restablecimiento” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 96.- “Control de calidad de productos. El Estado controlará la calidad de los productos alimenticios, farmacéuticos, químicos y de todos aquéllos que puedan afectar la salud y bienestar de los habitantes. Velará por el establecimiento y programación de la atención primaria de la salud, y por el mejoramiento de las condiciones de saneamiento ambiental básico de las comunidades menos protegidas” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 97.- “Medio ambiente y equilibrio ecológico. El Estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictarán todas las normas

necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua, se realicen racionalmente, evitando su depredación” (Constitución Política de la República de Guatemala).

Artículo 98.- “Participación de las comunidades en programas de salud. Las comunidades tienen el derecho y el deber de participar activamente en el planificación, ejecución y evaluación de los programas de salud” (Constitución Política de la República de Guatemala).

### **III. COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS**

Se presenta a continuación los cuadros y las gráficas obtenidas en el trabajo de campo realizado por el investigador; las que se clasifican de la manera siguiente:

Del cuadro y gráfica 1 a la 5, se refiere a la comprobación de la variable dependiente; del cuadro y grafica 6 a la 8, se obtienen los datos para comprobar la variable independiente o causa principal.

Se hace la observación que con el cuadro y grafica 1 se comprueba la variable dependiente; y, con el cuadro y grafica 6 se comprueba la variable independiente contenida en la hipótesis de trabajo formulada.

### III.1 CUADROS Y GRÁFICAS PARA LA COMPROBACIÓN DEL EFECTO O VARIABLE DEPENDIENTE (Y)

**Cuadro 1**

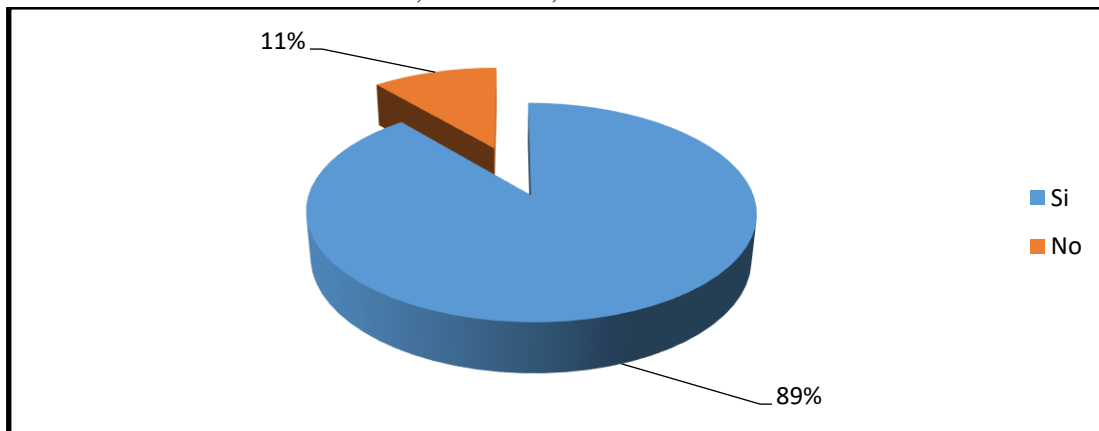
Disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	56	89
No	7	11
Total	63	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

**Gráfica 1**

Disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años.



Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de tres cuartos de los encuestados consideran que si existe disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena. A diferencia de menos de un cuarto que consideran que no. Con esto se comprueba la Variable Dependiente.



## Cuadro 2

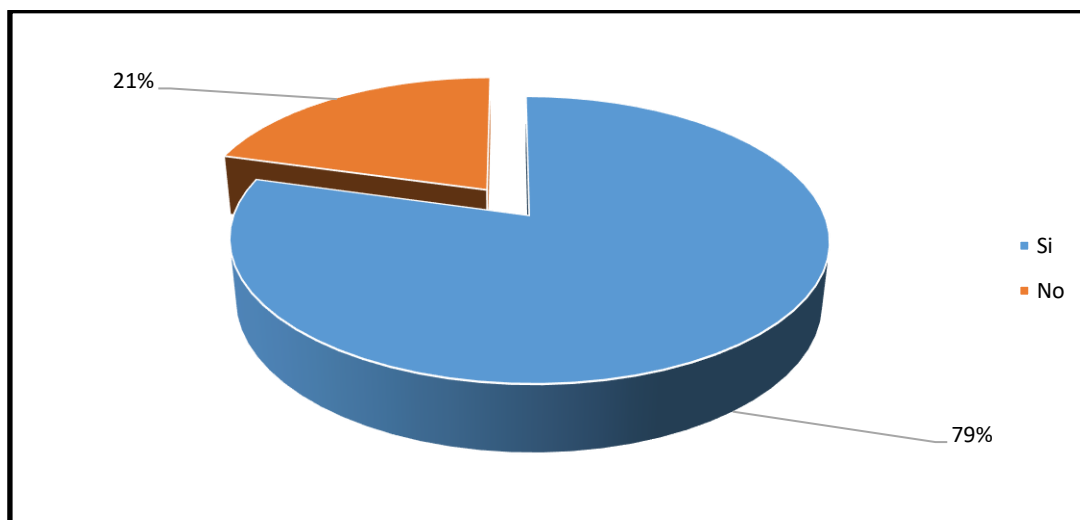
El mantenimiento mal realizado en periodo de reparación disminuye los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	50	79
No	13	21
Total	63	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

## Gráfica 2

El mantenimiento mal realizado en periodo de reparación disminuye los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.



Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y grafica anteriores, que más de tres cuartos de los encuestados consideran que el mantenimiento mal realizado en periodo de reparación si disminuye los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena. A diferencia de menos de la mitad que consideran que no es así.

### Cuadro 3

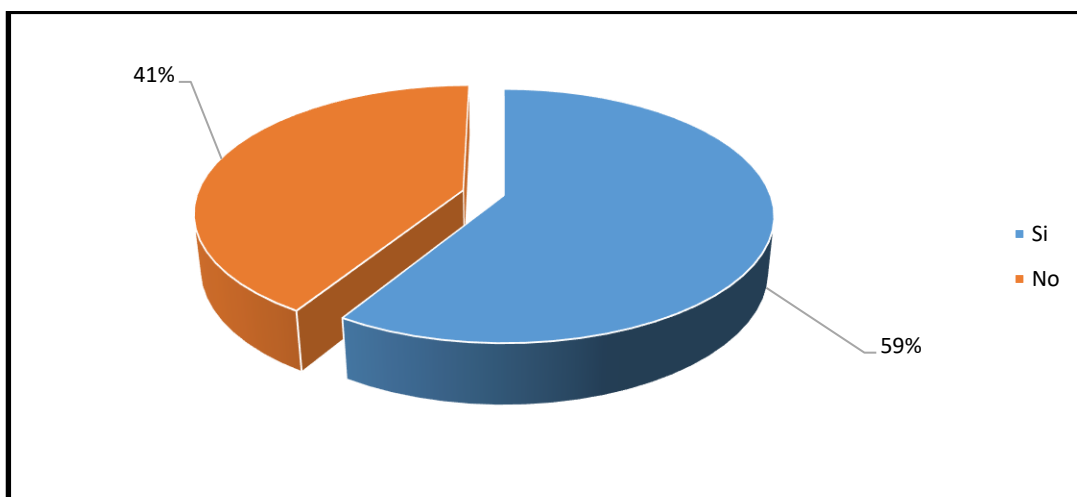
La falta de capacitación del personal genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	37	59
No	26	41
Total	63	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

### Gráfica 3

La falta de capacitación del personal genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.



Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de la mitad de los encuestados, indican que la falta de capacitación del personal si genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena. A diferencia de menos de la mitad que consideran que no es así.

#### Cuadro 4

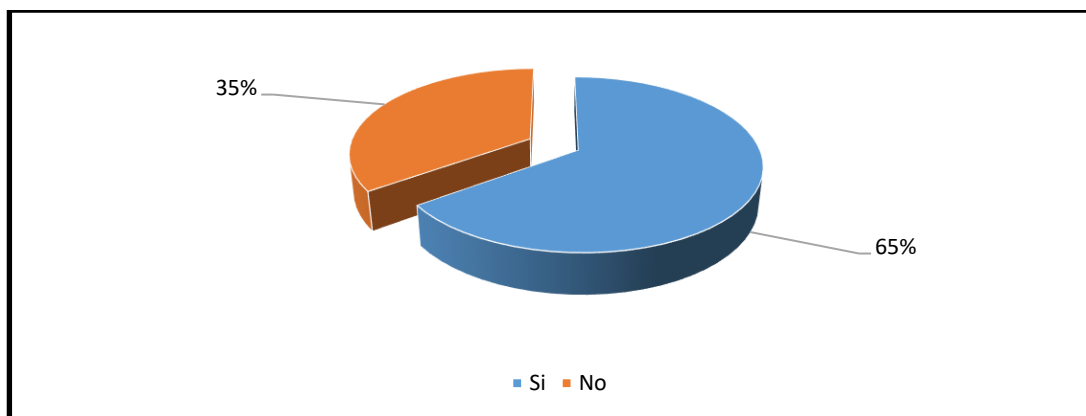
La falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento, causante de disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	41	65
No	22	35
Total	63	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Gráfica 4

La falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento, causante de disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.



Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de la mitad de los encuestados consideran que la falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento es causante de disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena. A diferencia de menos de la mitad que consideran que no es así.

### Cuadro 5

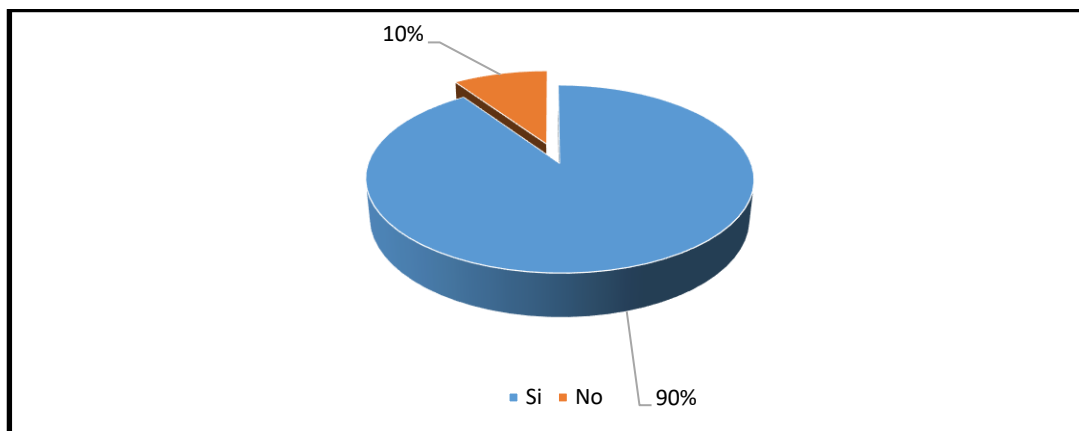
La falta de procedimientos para realizar los trabajos genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	57	90
No	6	10
Total	63	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

### Gráfica 5

La falta de procedimientos para realizar los trabajos genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.



Fuente: Información obtenida de colaboradores del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de tres cuartos de los encuestados indican que la falta de procedimientos para realizar los trabajos si genera disminución en los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena. A diferencia de menos de un cuarto que consideran que no es así.

### III.2 CUADROS Y GRÁFICAS PARA LA COMPROBACIÓN DE LA CAUSA O VARIABLE INDEPENDIENTE (X)

**Cuadro 6**

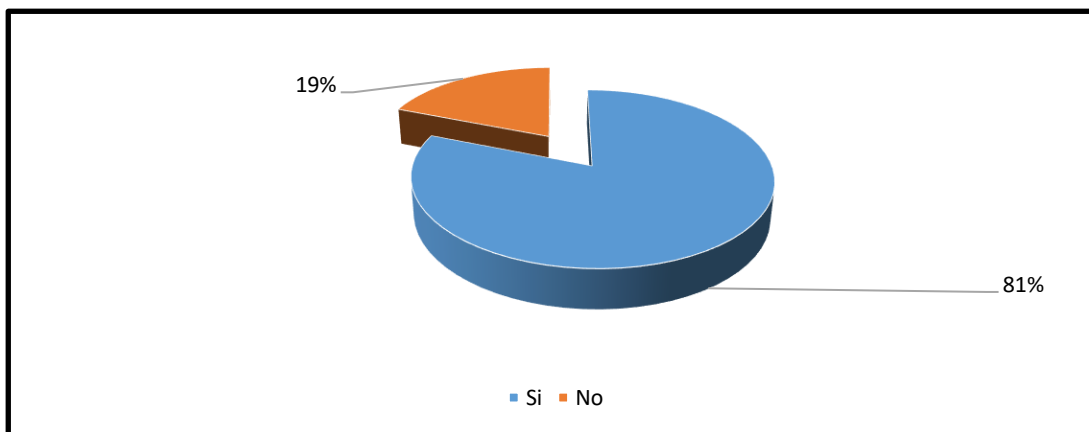
Falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	17	81
No	4	19
Total	21	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

**Gráfica 6**

Falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.



Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

**Análisis:**

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de tres cuartos indican que si falta un plan, a diferencia de menos de un cuarto que considera que no es así. Con esto se comprueba la Variable Independiente.

### Cuadro 7

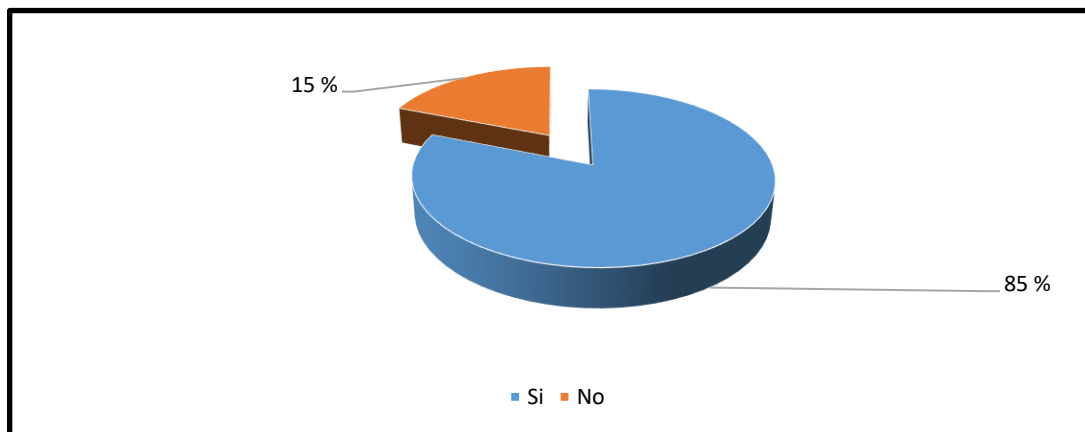
Inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	18	85
No	3	15
Total	21	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

### Gráfica 7

Inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio.



Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de tres cuartos indican que la inexistencia de un plan si afecta en los niveles de producción, a diferencia de menos de un cuarto que considera que no es así.

### Cuadro 8

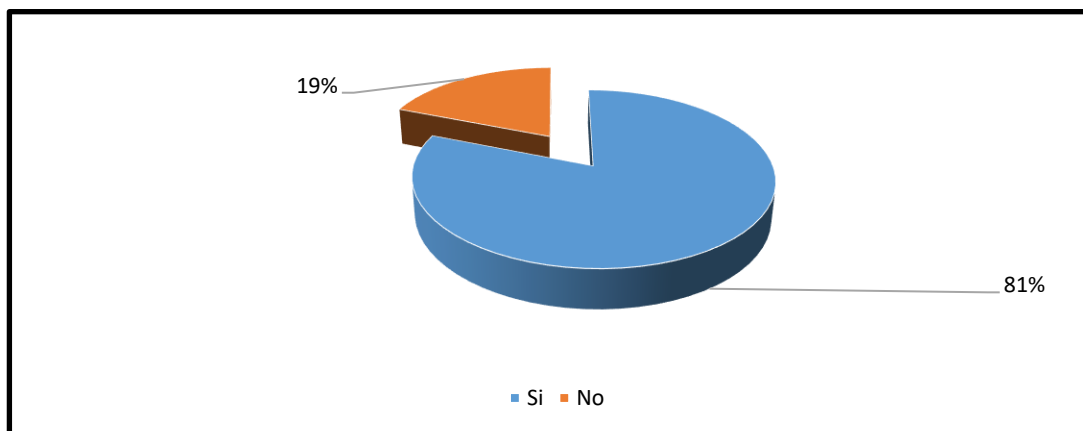
Personas que están de acuerdo en que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio.

Respuesta	Valor absoluto	Valor relativo (%)
Si	17	81
No	4	19
Total	21	100

Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

### Gráfica 8

Personas que están de acuerdo en que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio.



Fuente: Información obtenida de colaboradores administrativos del Área Industrial, Ingenio Magdalena, Escuintla 2021.

#### Análisis:

Se puede apreciar en el cuadro y gráfica anteriores, que más de tres cuartos de las personas encuestadas indican que si están de acuerdo con que se lleve a cabo el plan de mantenimiento, a diferencia de menos de un cuarto que considera que no es así.

## **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

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

1. Se comprueba la hipótesis: La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo.
2. El mantenimiento mal realizado disminuye los niveles de producción de azúcar.
3. Falta de capacitación del personal sobre mantenimiento y producción de azúcar.
4. La falta de herramienta adecuada ralentiza el tiempo para realizar el mantenimiento.
5. Falta de procedimientos e instructivos para realizar los trabajos de mantenimiento.



## **IV.2. Recomendaciones**

1. Implementar la propuesta: Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.
2. Operativizar el plan de mantenimiento propuesto.
3. Implementar programa de capacitación a todo el personal involucrado en el mantenimiento.
4. Comprar la herramienta necesaria para optimizar el tiempo para realizar el mantenimiento.
5. Aumentar los procedimientos e instructivos para realizar el mantenimiento.

## Bibliografía

1. Acuña, J. (2003). *Ingeniería de confiabilidad*. 1ª Edición. Costa Rica: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
2. Andreani, A, (2009) *Ingeniería y gestión de la confiabilidad operacional en plantas industriales*. 1ª edición. Santiago Chile: Editorial Ril Editores
3. Callony, J. (2003). *Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas*. Argentina: Editorial nobuko.
4. Carrasco, F. (2014) *La gestión del conocimiento en la ingeniería de mantenimiento industrial*. Editorial OmniaScience.
5. Castillo, R. (2015). *Factores que afectan la calidad de la caña de azúcar*. 1ª edición. Ecuador. Editorial ResearchGate GmbH CINCAE.
6. Comesaña, P, (2005) *Montaje e instalación en planta de Maquinas Industriales*. 1ª edición. España: Editorial Ideaspropias.
7. Crespo. A, y Parra, C. (2012) *Asociación Española para el Desarrollo de la Ingeniería de Mantenimiento*. 1ª edición. España: Editorial Ingeman.
8. Dounce, E, (2014) *La productividad en el mantenimiento industrial*. 1ª edición. México: Editorial Grupo editorial patria S.A DE C.V.
9. Duarte, O. y Gonzales, J. (2019). *Guía Técnica Cultivo de la Caña de Azúcar*. Paraguay. Editorial San Lorenzo.
10. García, S, (2010) *Organización y gestión integral de mantenimiento*. 1ª edición. Madrid España: Editorial Ediciones Días de Santos S.A.
11. García, S. (2014). *La Contratación de Mantenimiento Industrial: Procesos de externalización contratos y empresas de mantenimiento*. Madrid, España: Editorial Díaz de Santos.
12. Gómez, F. (1998). *Tecnología del mantenimiento industrial*. 1ª. Edición. España: Editorial UEDITUM.
13. González, F. (2005). *Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado*. 2ª. Edición. España: FC Editorial.

14. Larrahondo, J. (1995). *Calidad de la caña de azúcar*. 1ª Edición. Editorial Colombia CENICAÑA.
  15. Melgar, M. Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O., Espinosa, R., (2012). *El Cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. 1ª Edición. Guatemala. Editorial Artemis Edinter.
  16. Moubray, J. (1997) *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. 2ª edición. Estados Unidos: Editorial Industrial Press inc.
  17. Nakajima, S. (1991). *Introducción al TPM: Mantenimiento productivo total*. Edición en español. Madrid España: Editorial Tecnologías de Gerencia y Producción, S. A.
  18. Ramírez, M. (2008). *Caña de Azúcar*, 1ª edición, Tegucigalpa Honduras, Editorial impresiones industriales.
  19. Rodríguez, J. (2003). *Gestión de mantenimiento asistido por computadora*. Cuba: Editorial Cujae.
  20. Ruiz, F. (1995). *Cultivos de la Caña de Azúcar*. 1ª edición, Costa Rica, Editorial EUNED.
  21. Sánchez, F., Pérez, A., Sancho, J. y Rodríguez, P. (2006). *Mantenimiento mecánico de máquinas*. España: Editorial Universidad Jaume I.
- Tesis**
22. Arango, F. (2004). *Proceso de siembra y cosecha de caña de azúcar*. (Tesis Inédita de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
  23. Bustamante, J. (2015). *La caña de azúcar para la producción de panela*. (Tesis Inédita de Licenciatura). Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Colombia.
  24. Castañeda, L. (2012). *Mantenimiento del proceso de inducción de personal operativo para el área agrícola de un ingenio azucarero*. (Tesis Inédita de Licenciatura), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.

25. Fuentes, J. (2008), *Proceso de certificación interna de competencias laborales, en el área de fabricación de un ingenio azucarero*. (Tesis Inédita de Licenciatura), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
  26. Ortiz, C., (2013). *Evaluación de tres frecuencias de riego con polietileno en suelo arcilloso, sobre el crecimiento y rendimiento de Caña de Azúcar*. (Tesis Inédita de Licenciatura) Universidad Rafael Landívar. Guatemala.
  27. Robles, B. (2016). *Estudio de suelos con fines de nutrición y riego en los cultivos caña de azúcar*. (Tesis Inédita de Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala.
  28. Tampán, S. (2004). *Margen de utilidad de los actuales canales de distribución de azúcar en el mercado local*. (Tesis Inédita de licenciatura) Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala
  29. Valencia, J. (2015). *Estudio de la lámina óptima de riego para el cultivo de la caña de azúcar*. (Tesis Inédita de Licenciatura). Universidad de Guayaquil, Ecuador.
  30. Velásquez, M. (2015). *Diseño de investigación de propuesta de mejora en la eficiencia de energía eléctrica de un ingenio de la industria azucarera*. (Tesis Inédita de Licenciatura), Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
- Leyes**
31. Constitución Política de la República de Guatemala. Asamblea Nacional Constituyente. 1985.
  32. Código de trabajo. Decreto 1441. Congreso de la República de Guatemala. 1961.
  33. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional. Acuerdo Gubernativo 229-2014 y sus Reformas 33-2016.
  34. Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo. Ministerio general sobre higiene y seguridad en el trabajo. 1957.

### **E-grafía**

35. Iñiguez, D. (2017). *Caña de azúcar*, Recuperado de [www.colpos.com](http://www.colpos.com) (Fecha de consulta 20 de octubre 2019).
36. PROYMEC (2014). *Maquina industrial, que es y ejemplos de aplicación*. Recuperado de <http://proymec.es/blog/maquinaria-industrial/> (Fecha de consulta 13 de febrero 2020)
37. Ríos, A. (2015). *Derivados de la Caña de Azúcar*. Recuperado de [www.ecured.cu](http://www.ecured.cu). (Fecha de consulta 16 de octubre 2019)
38. Rojas, E. (2018). *Productos y subproductos de la caña de azúcar*, Recuperado de [www.es.scribd.com](http://www.es.scribd.com). (Fecha de consulta 15 de octubre 2019).

**Anexo 1: Modelo de investigación: Dominó**

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

Problema	Propuesta	Evaluación
<p>1) Efecto o variable dependiente</p> <p>Disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años.</p>	<p>4) Objetivo general</p> <p>Aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>	<p>14) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo general.</p> <p>Indicadores: Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se aumenta los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en un 20%.</p> <p>Verificadores: Informe de producción de azúcar y caña molina de fin de zafra.</p> <p>Supuestos: Una empresa especialista en equipo y tecnología para ayudar a alcanzar el objetivo.</p>
<p>2) Problema central</p> <p>Paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>	<p>5) Objetivo específico</p> <p>Evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>	<p>15) Indicadores, verificadores y cooperantes del objetivo específico</p> <p>Indicadores: Indicadores: Al primer año de ejecutada la propuesta, se disminuyen los paros no programados por fallas en maquinaria y equipo, con lo que se concreta el 20% de solución a la problemática identificada en el problema central.</p> <p>Verificadores: Informe de paros de producción de fin de zafra</p> <p>Supuestos: Se adopta el programa de monitoreo semanal para identificación</p>
<p>3) Causa principal o variable independiente</p> <p>Falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>	<p>6) Nombre</p> <p>Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>	<p>12) Resultados o productos</p> <p>* Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora.</p> <p>* Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p> <p>* Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p>
<p>7) Hipótesis</p> <p>CAUSAL</p> <p>La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo.</p> <p>INTERROGATIVA</p> <p>¿Sera la inexistencia de Plan de Mantenimiento</p>		

<p>Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla y los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo la causante de la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio en los últimos 5 años? ”</p>		de paros de producción.
<p>8) Preguntas clave y comprobación del efecto</p> <p>a) ¿Considera usted que existe disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, ¿en los últimos 5 años? SI__ NO__</p> <p>b) ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, ¿Escuintla se debe a un mantenimiento mal realizado en el periodo de reparación? SI__ NO__</p> <p>c) ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, ¿Escuintla se debe a la falta de capacitación del personal? SI__ NO__</p> <p>Dirigidas al jefe de área industrial y trabajadores de la misma.</p> <p>Boletas 63, población infinita cualitativa, con el 90% de nivel de confianza y 10% de error.</p>	<p>13) Ajustes de costos y tiempo N/A</p>	
<p>9)Pregunta clave y comprobación de la causa principal</p> <p>a) ¿Considera usted que falta un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla? Si__ No__</p> <p>b) ¿Considera usted que la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la</p>		

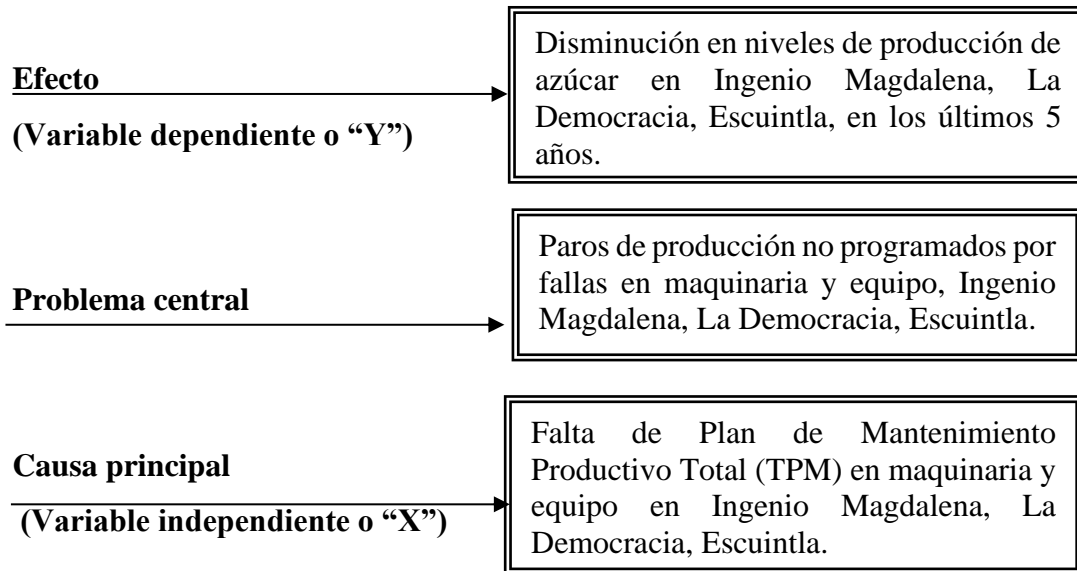
<p>disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio? Si ___ No ___</p> <p>c) ¿Está de acuerdo usted en que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio? Si ___ No ___</p> <p>Dirigidas a los colaboradores administrativos del área industrial Boletas 21, población censal, con el 100% de nivel de confianza y el 0% de error.</p>	
<p>10) Temas del Marco Teórico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ingenio azucarero</li> <li>b. Caña de azúcar</li> <li>c. Mantenimiento industrial</li> <li>d. Maquinaria y equipo industrial</li> <li>e. Causas y fallas en maquinaria</li> <li>f. Costos</li> <li>g. Legislación nacional</li> </ul>	<p>R1: Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora.</p> <p>A1</p> <p>An</p> <p>R2: Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p> <p>A1</p> <p>An</p>
<p>11) Justificación</p> <p>El desarrollo de la presente investigación y estudio que se realizó refleja la necesidad de implementar medidas sobre la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años, ante la falta de un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.</p>	<p>R3: Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.</p> <p>A1</p> <p>An</p>



## Anexo 2: Árbol de problemas, hipótesis y Árbol de objetivos

### 2.1. Árbol de problemas e hipótesis

De acuerdo con la investigación realizada en el Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, sobre los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo a causa de un mal mantenimiento se da la disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años, con la ayuda del método científico y del marco lógico fue posible identificar el siguiente problema, así como causa y efecto.



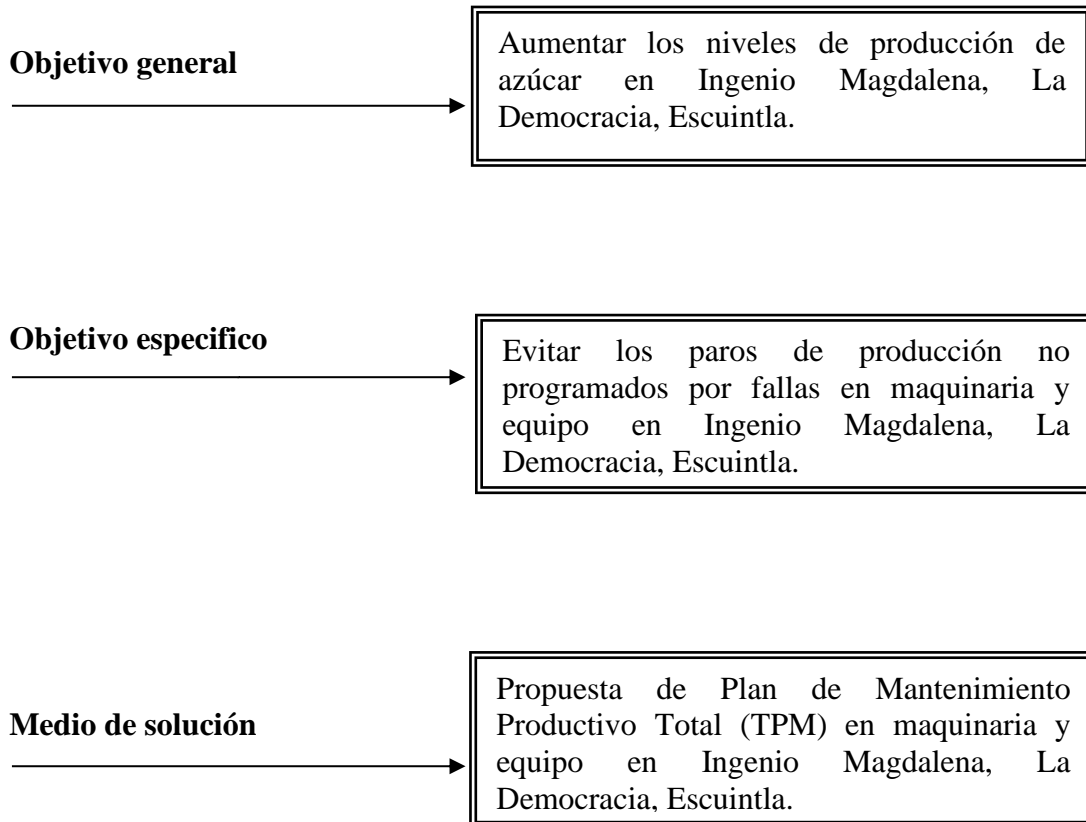
### Hipótesis de trabajo:

“La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo”

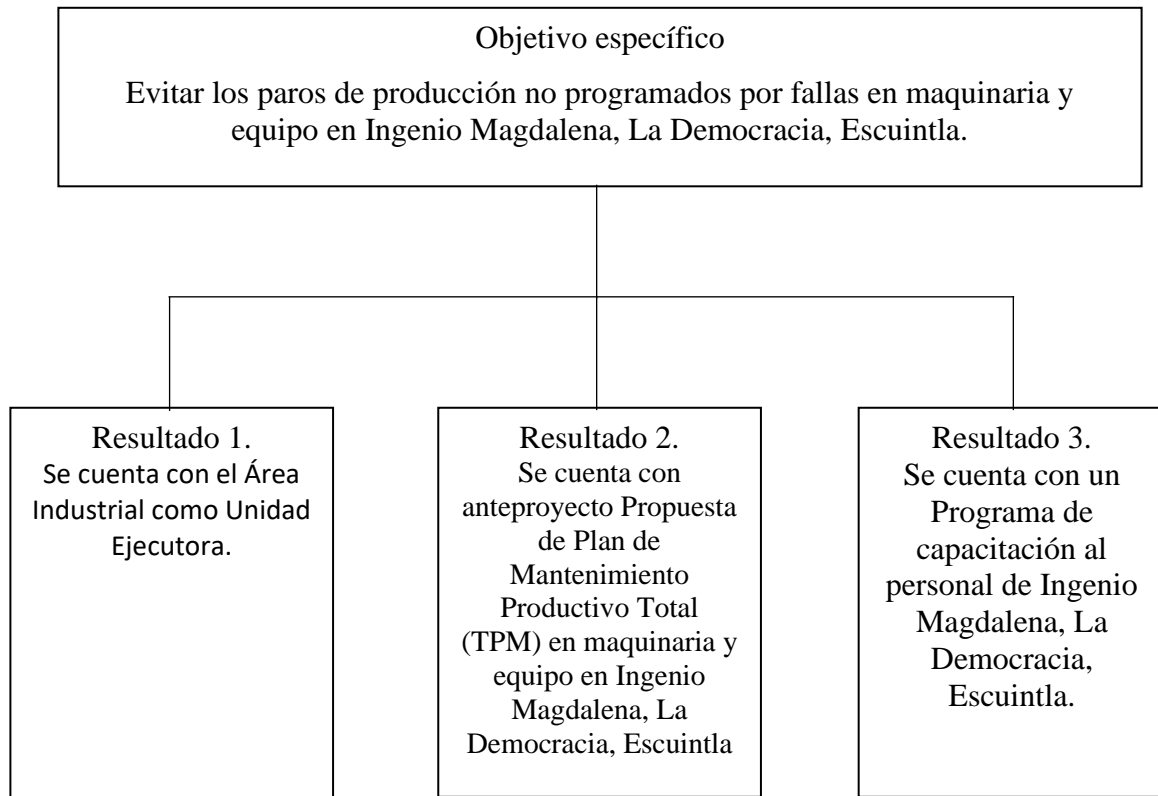
¿Es la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo y los paros de producción no programados, las causas de la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, ¿Escuintla en los últimos cinco años?

## 2.2. Árbol de objetivos

De acuerdo con la problemática, causa y efectos planteados en el árbol de problemas, fue posible la determinación y diagramación de los objetivos del trabajo de graduación.



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



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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Licenciatura

Boleta de investigación

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene como finalidad comprobar la Variable Dependiente “Disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años”.

Esta boleta se aplicará a trabajadores del Área Industrial, Ingenio Magdalena S.A., de acuerdo con el tamaño de la muestra, que se calculó con el 90 % de nivel de confianza y el 10 % de error de muestreo, con el Método aleatorio simple, de población finita cualitativa al dar como resultado 63 personas.

Indicaciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder y marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que existe disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, ¿en los últimos 5 años?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

2. ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, ¿Escuintla se debe a un mantenimiento mal realizado en el periodo de reparación?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

3. ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla se debe a la falta de capacitación del personal?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

¿Por qué? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

4. ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla se debe a la falta de herramienta adecuada para realizar el mantenimiento?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

5. ¿Cree usted que la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla se debe a la falta de procedimientos para realizar los trabajos?

Sí \_\_\_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_ Especifique \_\_\_\_\_

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

Lugar y Fecha: \_\_\_\_\_

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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Licenciatura

Boleta de investigación

Objetivo: Esta boleta de investigación tiene como finalidad comprobar la variable independiente “Falta de un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”.

Esta boleta se aplicará a los colaboradores administrativos del Área Industrial Ingenio Magdalena S.A., mediante un censo de 21 personas.

Indicaciones: A continuación, se le presentan varios cuestionamientos, a los que deberá responder y marcar con una “X” la respuesta que considere correcta y razónela cuando se le indique.

1. ¿Considera usted que falta un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en Maquinaria y Equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

2. ¿Considera usted que la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) afecta en la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

3. ¿Está de acuerdo usted que se lleve a cabo un Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) dentro del ingenio?

Sí \_\_\_\_\_

No \_\_\_\_\_

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

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

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

Universidad Rural de Guatemala

Programa de Graduación

Anexo metodológico para el cálculo de la muestra

Población infinita cualitativa

A continuación, se desarrolla el anexo del cálculo de la muestra al 90% del nivel de confianza y al 10 % de error de muestreo por el método aleatorio de población finita cualitativa, que fue dirigida a los colaboradores de Taller Central, Ingenio Magdalena S.A. El nivel de confianza considerado (Z) según la curva de Lorenz corresponde al valor de 1.645. Se aclara que se utilizó el 50% del valor “p”, debido a que no se contaban con investigaciones previas. Para recibir toda la información se tomó una muestra del total de los 900 colaboradores.

### CALCULO DEL TAMAÑO DE LA MU+ A2+A1:A1:D20 CASO: POBLACIÓN INFINITA CUALITATIVA.

$$n = \frac{N Z^2 pq}{Nd^2 + Z^2 pq}$$

N =	900.00
Z =	1.645
Z <sup>2</sup> =	2.70603
p =	0.50
q =	0.50
d =	0.10
d <sup>2</sup> =	0.01
NZ <sup>2</sup> pq =	608.86
Nd <sup>2</sup> =	9.00
Z <sup>2</sup> pq =	0.68
Nd <sup>2</sup> + Z <sup>2</sup> pq =	9.68
<b>n =</b>	<b>62.92</b>

N= Población

Z= Valor "Z" en tabla

p= Probabilidad de éxito (Probabilidad que ocurra)

q= Probabilidad de fracaso (Probabilidad que no ocurra)

d= Margen de error permitido(determinado por el responsable de la investigación)

n= 63 colaboradores

## **Anexo 7. Comentario 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

Es importante destacar que para que se considere el comportamiento lineal de dos variables, el coeficiente de correlación debe oscilar de  $\geq + - 0.80$  a  $\leq + - 1$ .

A continuación, se presentan los cálculos y fórmulas utilizadas para obtener dicho coeficiente:



CALCULO DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN					
Año	X (años)	Y (Efecto) Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	16	16	1	240
2018	2	14	29	4	204
2019	3	14	41	9	190
2020	4	14	56	16	196
2021	5	13	63	25	159
Totales	15	70	205	55	990

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	204.5
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	989.94
$\sum Y=$	70.2
$n\sum XY=$	1022.5
$\sum X*\sum Y=$	1053
NUMERADOR	-30.5

FORMULA:

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

$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum Y^2=$	4949.70
$(\sum Y)^2=$	4928.04
$n\sum X^2 - (\sum X)^2=$	50
$n\sum Y^2 - (\sum Y)^2=$	21.66
$(n\sum X^2 - (\sum X)^2) * ($	1083.00
Denominador:	32.90896534
r=	-0.926799116

**Análisis:**

Debido a que el coeficiente de correlación  $r = -0.92$  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. Metodológico de la proyección**

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

Previo a ello se procedió determinar el comportamiento de la variable tiempo respecto a 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  $\geq + - 0.80$  a  $\leq + - 1$ ; cuyo cálculo es parte integrante de este documento

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

Proyección lineal  $Y= a+bx$

AÑO	X (años)	Y (Efecto) Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq	XY	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>
2017	1	16	16	1	240
2018	2	14	29	4	204
2019	3	14	41	9	190
2020	4	14	56	16	196
2021	5	13	63	25	159
Totales	15	70	205	55	990

n=	5
$\sum X=$	15
$\sum XY=$	204.5
$\sum X^2=$	55
$\sum Y^2=$	989.94
$\sum Y=$	70.2
$n\sum XY=$	1022.5
$\sum X*\sum Y=$	1053
NUMERADOR	-30.5
Denominador de b:	
$n\sum X^2=$	275
$(\sum X)^2=$	225
$n\sum X^2 - (\sum X)^2 =$	50
b=	-0.61
Numerador de a:	
$\sum Y=$	70.2
$b * \sum X =$	<b>-9.15</b>
Numerador de	
a:	<b>79.35</b>
a=	<b>15.87</b>

FORMULAS:

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

FORMULAS:

$$a = \frac{\sum y - b\sum x}{n}$$

## Proyección sin proyecto

<b>ECUACION DE LA RECTA <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= (2022)	a	+	(b * X)	
Y= (2022)	15.87	+	-0.61	X
Y= (2022)	15.87	+	-0.61	6
Y= (2022)	12			
Y= (2022)	12 Disminución en niveles de producción de azucar en Mqq			

<b>ECUACION DE LA RECTA <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= (2023)	a	+	(b * X)	
Y= (2023)	15.87	+	-0.61	X
Y= (2023)	15.87	+	-0.61	7
Y= (2023)	12			
Y= (2023)	12 Disminución en niveles de producción de azucar en Mqq			

<b>ECUACION DE LA RECTA <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= (2024)	a	+	(b * X)	
Y= (2024)	15.87	+	-0.61	X
Y= (2024)	15.87	+	-0.61	8
Y= (2024)	11			
Y= (2024)	11 Disminución en niveles de producción de azucar en Mqq			

<b>ECUACION DE LA RECTA <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= (2025)	a	+	(b * X)	
Y= (2025)	15.87	+	-0.61	X
Y= (2025)	15.87	+	-0.61	9
Y= (2025)	10			
Y= (2025)	10 Disminución en niveles de producción de azucar en Mqq			

<b>ECUACION DE LA RECTA <math>Y= a+(b*x)</math></b>				
Y= (2026)	a	+	(b * X)	
Y= (2026)	15.87	+	-0.61	X
Y= (2026)	15.87	+	-0.61	10
Y= (2026)	10			
Y= (2026)	10 Disminución en niveles de producción de azucar en Mqq			

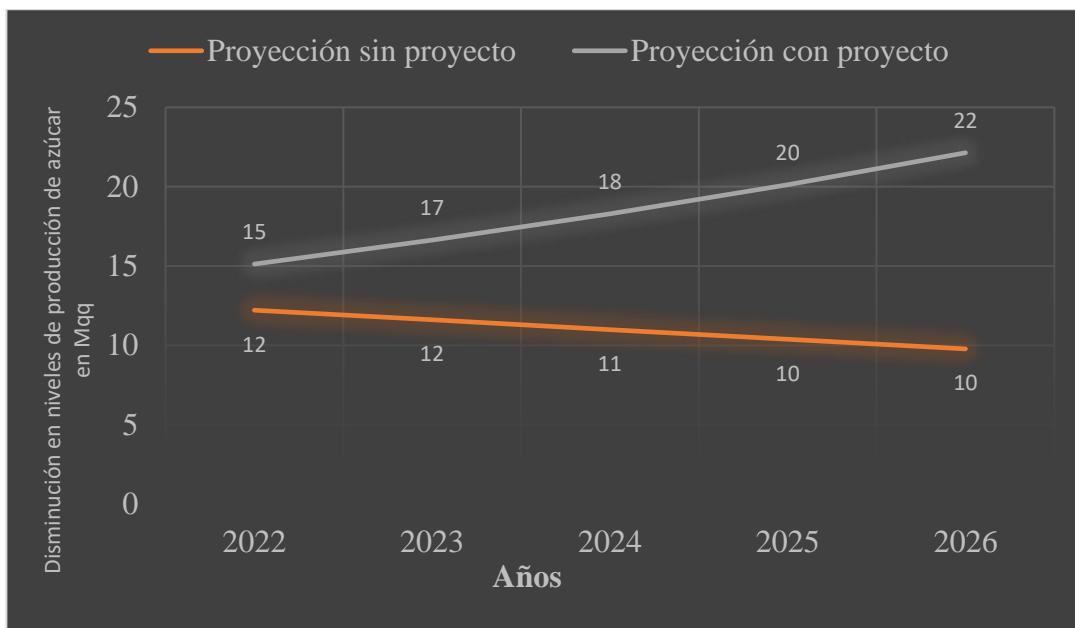
### Proyección con proyecto

Año a proyectar		Año anterior	+ o - dep la solución propuesta	Porcentaje propuesto	
Y (2022)	=	Y(2021)	+	20%	=
Y (2022)	=	12.60	+	2.52	15
Y (2022)	=	15.12	Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq		
Y (2023)	=	Y (2022)	+	10%	=
Y (2023)	=	15.12	+	1.51	17
Y (2023)	=	16.63	Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq		
Y (2024)	=	Y (2023)	+	10%	=
Y (2024)	=	16.63	+	1.66	18
Y (2024)	=	18.30	Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq		
Y (2025)	=	Y (2024)	+	10%	=
Y (2025)	=	18.30	+	1.83	20
Y (2025)	=	20.12	Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq		
Y (2026)	=	Y (2025)	+	10%	=
Y (2026)	=	20.12	+	2.01	22
Y (2026)	=	22.14	Disminución en niveles de producción de azúcar en Mqq		

### Análisis comparativo sin y con proyecto

Año	Proyección sin proyecto	Proyección con proyecto
2022	12	15
2023	12	17
2024	11	18
2025	10	20
2026	10	22

### Gráfica del comportamiento de la problemática sin y con proyecto



De no aplicarse la propuesta para el año 2026 la producción de azúcar sería de 10 millones de quintales, de aplicarse la propuesta se estima un aumento en la producción de azúcar, el cual sería de 22 millones de quintales de azúcar para el año 2026.

Edwin Antonio Sic Molina  
Adiel Cornelio Cardenas Estrada  
Alvaro Muj Vicente

TOMO II

PROPUESTA DE PLAN DE MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)  
EN MAQUINARIA Y EQUIPO EN INGENIO MAGDALENA, LA  
DEMOCRACIA, ESCUINTLA



Asesor General Metodológico  
Ing. Jairo Francisco Rodríguez Arévalo

Universidad Rural de Guatemala  
Facultad de Ingeniería

Guatemala, mayo 2022

Esta tesis fue presentada por los autores,  
previo a obtener el título universitario en  
Ingeniería Industrial con énfasis en  
recursos renovables en el grado  
académico de Licenciatura.



## **Prólogo**

De acuerdo al reglamento del programa de graduación de Universidad Rural de Guatemala y previo a obtener el título universitario como Ingeniero Industrial con énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciatura, se llevó a cabo el estudio denominado: “Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”, se llevó a cabo para proponer las posibles soluciones a la problemática en el área industrial de Ingenio Magdalena, por los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo.

Esta investigación tiene como finalidad ser útil a futuros estudiantes de diferentes universidades del país como fuente de consulta, se incluyen los resultados obtenidos en la investigación y que puedan aplicarse en diferentes áreas de trabajo similares a los que se realizan en el área industrial de Ingenio Magdalena.

Con el fin de solucionar la problemática planteada se presenta como aporte a dicha solución, tres resultados que son: Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora; Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla; Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

Estos resultados permitirán aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena.

## **Presentación**

Estudio de tesis titulado, “Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”, fue realizada durante los meses de febrero a diciembre del año dos mil diecinueve, como requisito previo a optar el título universitario de Ingeniería Industrial con Énfasis en Recursos Naturales Renovables, en el grado académico de Licenciado, de conformidad con los estatutos de la Universidad Rural de Guatemala.

Se determinó que el problema central son los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, lo que ocasiona disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años.

En la investigación surgió una propuesta para solucionar el problema, formada por tres resultados que son: a) Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora. b) Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla. c) Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

No.	Índice Contenido	Pagina
I	RESUMEN.....	01
II	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN.....	08
	Anexos	

## **1. RESUMEN**

El presente trabajo de investigación, “Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla”, es una propuesta de solución a la problemática paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena.

La investigación realizada refleja que desde hace cinco años el área industrial de Ingenio Magdalena presenta indicadores que demuestran paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, se tiene como efecto, disminución en niveles de producción de azúcar, en los últimos 5 años. La causa es falta de plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo.

### **I.1 Planteamiento del Problema**

El problema principal de la investigación son los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo. El efecto es la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años, y su causa principal es falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo.

### **I.2 Hipótesis**

#### **I.2.1 Hipótesis causal**

“La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo”.

### I.2.2 Hipótesis interrogativa

¿Será la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla y los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo la causante de la disminución en niveles de producción de azúcar en el Ingenio en los últimos 5 años?

## **I.3 Objetivos**

### I.3.1 Objetivo general

Aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

### I.3.2 Objetivo específico

Evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia Escuintla.

## **I.4 Justificación**

El desarrollo de la presente investigación y estudio que se realizó refleja la necesidad de implementar medidas sobre la disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años, ante la falta de un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.

La investigación se realizó basada en fuentes de información primaria que ofrecen datos fidedignos; así mismo de otras fuentes constituyentes, el trabajo de campo se desarrolló con las personas que se encuentran dentro del área industrial del Ingenio Magdalena, sin dejar de tomar en cuenta la documentación existente sobre el tema.

La razón por la cual se realizó la investigación es porque en los últimos 5 años ha existido una disminución en niveles de producción de azúcar, por la falta de un plan de mantenimiento productivo total en maquinaria y equipo.

## **I.5 Metodología**

Los métodos y técnicas empleados para la elaboración del presente trabajo de graduación, se expone a continuación:

### **I.5.1 Métodos**

Se dividen en los utilizados para la formulación de la hipótesis y para la comprobación de la hipótesis.

La metodología utilizada para la elaboración de la hipótesis y su comprobación se compone de métodos y técnicas.

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

Los métodos utilizados en la formulación de la hipótesis fueron: El Método Deductivo y el Método del Marco Lógico.

##### **a) Método Deductivo**

Este se utilizó para identificar la problemática, que inicia con la observación de fenómenos naturales y de esta manera definir la investigación planteada, por lo que fue necesario visitar el área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

##### **b) Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica**

Es una herramienta para facilitar el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis está centrado en la orientación por objetivos, la

orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas.

El Método del Marco Lógico o la Estructura Lógica, sirvió para la estructura y elaboración de los árboles de problemas y objetivos, para establecer los resultados deseados y esperados dentro de la investigación, así mismo para fijar y establecer los insumos y tiempos por cada resultado.

#### 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, de Síntesis y Estadístico.

##### a) Método Inductivo

Se estudian los fenómenos particulares, que darán soluciones generales.

Con este método se obtuvieron los resultados de la problemática, se utilizó para realizar encuestas y para diseñar conclusiones, de esta forma poder llegar a la hipótesis planteada.

##### b) Método de Síntesis

Una vez interpretada la información, se utilizó la síntesis para obtener conclusiones y recomendaciones del presente trabajo de investigación; la que sirvió para hacer congruente la totalidad de la investigación.

##### c) Método Estadístico

Con este método se determinaron los parámetros necesarios, que ayudaron a la comprobación de la hipótesis.

Al hacer uso de este método, se tabularon los resultados de la encuesta, en los cuadros y gráficas, para comprobar la variable “Y” y la variable “X”, así mismo para comprobar el problema.

#### I.5.2. Técnicas

Las técnicas empleadas en la formulación y comprobación de la hipótesis fueron las siguientes:

##### I.5.2.1. Técnicas de investigación para la formulación de hipótesis

Las técnicas que se utilizaron para la formulación de la hipótesis son las herramientas que se detallan a continuación:

###### a) Lluvia de Ideas

Se utilizó esta técnica para recopilar ideas de la problemática con todos los colaboradores del área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

###### b) Observación Directa

Por medio de esta técnica se observa el problema directo que se encontraba en el área industrial y se recolectó dicha información.

###### c) Investigación Documental

Se utilizó, con el fin de no duplicar documentos, así mismo para obtener aportes y puntos de vista de otros investigadores sobre la problemática

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

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



#### a) Cuestionario

Se elaboró un cuestionario para investigar el efecto (variable dependiente “Y”) y otro cuestionario para investigar la causa (variable independiente “X”), y para el problema, se distribuyó el mismo a la muestra.

#### b) Entrevista

Para la entrevista se diseñaron boletas de investigación, para comprobar la variable dependiente “X” (Causa) e independiente “Y” (Efecto) de la hipótesis, esto fue realizado con el mismo personal que trabaja dentro del área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

#### c) Análisis

Esta técnica se aplicó al interpretar los datos tabulados en valores absolutos y relativos, obtenidos después de la aplicación de las boletas de investigación, “Y” y “X”, que tuvieron como objeto la comprobación de la hipótesis.

### **I.6 Propuesta de solución**

La propuesta pretende que el área industrial de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por medio de un plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo, se logre elevar los niveles de producción de azúcar y está integrada por tres resultados.

Resultado 1:

Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora.

Actividad 1: Contratación de un mecánico y su respectivo ayudante para cada uno de los distintos procesos del área industrial.

Actividad 2: Se gestiona la compra del mobiliario y equipo.

Actividad 3: Se gestiona compra de herramienta adecuada para la realización de las actividades de mantenimiento.

Resultado 2:

Se elabora el Anteproyecto Propuesta de plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en el cual se implementarán los 8 pilares del TPM.

Actividad 1: Pilar 1 “5S”

Actividad 2: Pilar 2 mantenimiento autónomo

Actividad 3: Pilar 3 mantenimiento centrado

Actividad 4: Pilar 4 mantenimiento planificado

Actividad 5: Pilar 5 calidad de mantenimiento

Actividad 6: Pilar 6 educación y entrenamiento

Actividad 7: Pilar 7 departamento TPM

Actividad 8: Pilar 8 seguridad y salud ocupacional

Resultado 3:

Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

Actividad 1: Impartir la capacitación al personal

Actividad 2: Se evaluará al personal para comprobar los conocimientos adquiridos

## **II CONCLUSION Y RECOMENDACION**

### **Conclusión**

1. Se comprueba la hipótesis: “La disminución en niveles de producción de azúcar en los últimos cinco años en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, por paros de producción no programados, es debido a la inexistencia de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo”, con el 90% de confianza y el 10% de error muestral.

### **Recomendación**

1. Implementar la propuesta: Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

## ANEXOS

### Anexo 1. Propuesta para solucionar la problemática

El problema de la investigación es paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, lo anterior tiene como efecto disminución en niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla, en los últimos 5 años. La causa del problema es falta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo.

#### Objetivo específico

Evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

#### Resultado 1

Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora.

#### Resultado 2

Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla

#### Resultado 3

Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.

**Resultado 1:**

La Unidad Ejecutora está formada por el gerente industrial, jefes de procesos, supervisores de mantenimiento de los distintos procesos en el área industrial, que serán los encargados de velar que las labores de mantenimiento se realicen de acuerdo con el plan que se implementará.

El gerente del área industrial será el encargado de autorizar los recursos necesarios para la ejecución y cumplimiento de la propuesta de mantenimiento, entre los cuales se puede mencionar: recurso humano, materiales, equipos necesarios, herramientas, tiempo de ejecución y otros

**Actividad 1:** Se solicitará apoyo al departamento de Desarrollo Humano para la contratación de un mecánico y su respectivo ayudante para cada uno de los distintos procesos del área industrial, ya autorizado por el gerente.

**Actividad 2:** Se gestiona la compra del mobiliario y equipo para llevar a cabo la función de los supervisores de los respectivos procesos del área industrial, se comprarán los escritorios, sillas y computadoras necesarias, como también una impresora profesional y artículos de librería (tablillas, lapiceros, hojas, leitz, lápices, entre otros).

**Actividad 3:** Se gestiona compra de herramienta adecuada para la realización de las actividades de mantenimiento.

**Resultado 2:**

Se cuenta anteproyecto propuesta de plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) para maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia Escuintla.



**ANTEPROYECTO PLAN DE MANTENIMIENTO  
PRODUCTIVO TOTAL (TPM) PARA  
MAQUINARIA Y EQUIPO EN INGENIO  
MAGDALENA, LA DEMOCRACIA ESCUINTLA.**

**Objetivo**

Aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La democracia, Escuintla al evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo, así mismo asegurar la integridad física y mental de los colaboradores de la empresa para garantizar que regresaran a sus hogares sin lesiones de ningún tipo.

Para la implementación del anteproyecto se llevarán a cabo 8 pasos básicos o actividades donde se desarrollan los pilares del TPM.

**Alcance**

El alcance de este plan de mantenimiento abarca a todo colaborador administrativo y operativo que se encuentre en labores en el área industrial del ingenio y tenga relación con el mantenimiento en los distintos procesos.

**Política**

Todo colaborador que tenga labores de mantenimiento en el área industrial del ingenio deberá cumplir con los procedimientos, actividades, normas y sanciones que se detallen y ejecuten en este plan de mantenimiento productivo total.

**Actividad 1: Pilar 1 “5S”**

El punto de partida del TPM es la 5S. Son una herramienta mundialmente conocida, inicialmente en las industrias japonesas, está considerado como un proceso sistemático donde se realiza la limpieza para lograr un ambiente adecuado de trabajo, donde se fomenta la participación de empleados.

Los cinco elementos que componen el método 5S deben ser implementados en la empresa en el orden correcto y en el momento adecuado.

Acción 1: Método 1 organización

Consiste en identificar los elementos que realmente sirven entorno del trabajo

Acción 2: Método 2 orden.

Consiste en acomodar los objetivos necesarios en orden de forma tal que sean fácilmente accesibles por su uso e identificación.

Acción 3: Método 3 limpieza.

Consiste en mantener el lugar limpio y evitar generación de suciedad.

Acción 4: Método 4 estandarización

Es la base del mantenimiento de los tres primeros métodos.

Acción 5: Método 5 disciplina

Consiste en cumplir con los procedimientos establecidos en conjunto.

## **Actividad 2: Pilar 2 mantenimiento autónomo**

Se centra en los operarios y su relación con la maquinaria industrial no solo en el uso sino que también en las tareas del mantenimiento, dándoles un valor agregado a sus actividades, el objetivo es mantener la maquinaria en buenas condiciones, que es posible por limpieza, lubricación, inspección visual, reapriete de tornillería floja.

Acción 1. Limpieza inicial

Consiste en eliminar polvo y suciedad reapriete de tornillería floja e inspección visual.

Acción 2. Contramedidas en la fuente de los problemas.

Consiste en prevenir la causa de la suciedad, modificar y mejorar partes donde es difícil de limpiar y lubricar, para reducir el tiempo para las tareas.

#### Acción 3. Estándares

Consiste en establecer estándares que reduzcan el tiempo perdido para las tareas mencionadas.

#### Acción 4. Inspección general

Los involucrados descubren y corrigen defectos menores.

#### Acción 5. Inspección autónoma

Consiste en desarrollar y emplear listas de chequeo, comparar y evaluar cada uno de los pasos anteriores.

#### Acción 6. Organización y ordenamiento

Consiste en clasificar, seleccionar y ordenar el área de trabajo por parte de los operarios, y se realizan últimos ajustes, sistematizar el control de mantenimiento; estándares de inspección de limpieza y lubricación, estándares para registrar datos, estándares para el mantenimiento de equipos, piezas y herramientas.

#### Acción 7. Mantenimiento total

Consiste en organizar la información recaudada, registrar resultados, describir las condiciones óptimas y mantenerlas.

### **Actividad 3: Pilar 3 mantenimiento centrado**

El objetivo principal es reducir las pérdidas en el lugar de trabajo que afectan a nuestra eficiencia, al identificar todas y cada una de las necesidades y problemas de las distintas áreas o departamentos que conforman la empresa, esto se hace mediante el



uso de procedimientos, equipos y herramientas para eliminar pérdidas en un sistema o proceso.

Acciones para la implementación del mantenimiento centrado:

1. Hacer una evaluación preliminar de la planta.
2. Obtener apoyo de gerencia y compañeros.
3. Organizar el comité de dirección.
4. Definir metas objetivos y planes.
5. Selección de equipos críticos.
6. Capacitación técnica a todo el personal.

#### **Actividad 4: Pilar 4 mantenimiento planificado**

Está destinado a reducir costos de mantenimiento, tener máquinas y equipos libres de problemas y disponibilidad de los mismos, para ello el equipo desarrolla actividades programadas de análisis y obtención de datos e información recaudada durante los procesos, al mejorar toda la producción.

Este cuenta con cuatro pasos:

Acción 1: Planear

Define los objetivos TPM a alcanzar y su plan maestro a seguir, es decir, en este paso quedan definidas las metas y la forma en la que se van a alcanzar.

Acción 1: Hacer

Consiste en desarrollar el plan maestro del primer paso, para así alcanzar las metas propuestas programadas.

### Acción 3: Verificar

Consiste en revisar periódicamente si los pasos que se realizarán en realidad aportan a alcanzar las metas deseadas, en este paso, se hace un seguimiento para que en donde se encuentre una falla volver a planear el proceso.

### Acción 4: Actuar

En este paso en donde se corrigen las fallas detectadas en la etapa anterior y se programan actividades que ayuden a corregirla y a evitar que vuelvan a ocurrir.

### **Actividad 5: Pilar 5 calidad de mantenimiento**

Se enfoca en la calidad del producto final al obtener la satisfacción del cliente, se centra en la eliminación de las no conformidades, se debe comprender que, si un equipo no produce productos de calidad, se tomara como un fallo en la maquinaria, se comprueban mediante actividades de gestión de calidad.

Acciones que se realizan durante este pilar:

Acción 1: Impide que una pieza sea conectada al equipo caso ocurra un error operacional.

Acción 2: Impide que una maquina sea accionada cuando el personal realice trabajos o haya problemas en una pieza de la maquina o equipo.

Acción 3: Impide el procesamiento por una maquina caso ocurra un error operacional.

Acción 4: Corrigen y reinician automáticamente el proceso cuando ocurre un error operacional o de proceso.

Acción 5: Impiden los defectos de calidad.

Acción 6: Impide que un proceso inicie cuando no ésta completamente concluido

### **Actividad 6: Pilar 6 educación y entrenamiento**

Un equipo de empleados bien formado, instruido y capacitado es una garantía de buen rendimiento y excelente trabajo, todo esto para lograr obtener una buena producción.

Acción 1: implementar un plan de educación y capacitación que debe ser desarrollado para:

- a). Capacitar gerentes para planificar sus acciones, para aumentar la eficiencia de los equipos e implementar mejoras con el objetivo de lograr que no ocurran fallas.
- b). Capacitar líderes de los pequeños grupos y operadores a reconocer anomalías en los equipos durante las actividades diarias e inspecciones periódicas.
- c). Promover capacitación para el desarrollo de cada etapa de cada pilar.

### **Actividad 7: Pilar 7 departamento TPM**

Acción 1: Este departamento se iniciará para mejorar la productividad, analizar los distintos procesos del área industrial, identificar y eliminar los tiempos perdidos por fallas en los equipos, y automatizar los procesos y funciones administrativas. El objetivo de este departamento se dirige a las pérdidas, las cuales impactan en los costos de producción.

### **Actividad 8: Pilar 8 seguridad y salud ocupacional**

Acción 1: Para realizar las labores de mantenimiento de una forma adecuada se tiene que tomar en cuenta que todos los involucrados están expuestos a riesgos que podrían causarles daño físico y/o alguna enfermedad ocupacional, por esta razón es necesario implementar actividades para evitar que estas situaciones ocurran. Para lo cual se mencionarán algunas de las cosas a tomar en cuenta al momento de realizar actividades de mantenimiento.

- Mantener limpias y ordenadas las áreas de trabajo, libres de cosas innecesarias que puedan estorbar y causar un accidente.
- Utilizar lentes de seguridad durante la jornada de trabajo según el tipo de actividad que se realice.
- Utilizar mascarillas en los lugares apropiados para evitar la ingestión de humo de soldadura o de polvo.
- Utilizar guantes de seguridad según la actividad que se realice, por ejemplo al momento de soldar o al manipular piezas metálicas con partes cortantes.
- Utilizar tapones auditivos en áreas con ruido arriba de 85 decibeles (dB), o al momento de martillar o utilizar una pistola neumática.
- Para trabajos con una altura mayor de 1.80 mts es obligatorio utilizar arnés de seguridad.

### **Resultado 3.**

Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.



### **Objetivo**

Se responde a la necesidad de fortalecer el área de mantenimiento de Ingenio Magdalena, La Democracia, se capacitará al personal para lograr el mayor conocimiento de nueva tecnología para implementar mantenimiento productivo para equipos, basado en aumentar los niveles de producción de azúcar.

## **Dirigido**

El programa está dirigido a personal de mantenimiento del área industrial del Ingenio Magdalena, Democracia Escuintla.

## **Objetivo**

Evitar interrupciones de la línea de producción de azúcar por falta de mantenimiento productivo total (TPM) en maquinarias y equipos.

## **Duración**

55 horas divididas durante 11 días, durante 3 meses

**Actividad 1:** Impartir la capacitación al personal

Fecha de inicio: 25/05/2022

Horario: De 7:00 a.m. a. 12:00 p.m.

Se crea un plan de capacitación para los colaboradores del área de mantenimiento, Ingenio Magdalena, con el objetivo de mejorar el ámbito laboral y en la ejecución de cada trabajo de manera eficiente al conocer materiales, equipos y herramienta para ejecutar los trabajos, a los colaboradores nombrados a capacitar se les proporcionaran folletos de información, material didáctico, charlas y ejercicios prácticos la cual al finalizar cada tema se les pasara una evaluación para determinar lo aprendido en cada capacitación.

**Actividad 2:** Se evaluará al personal para comprobar los conocimientos adquiridos.

## Anexo 2. Matriz de la estructura lógica

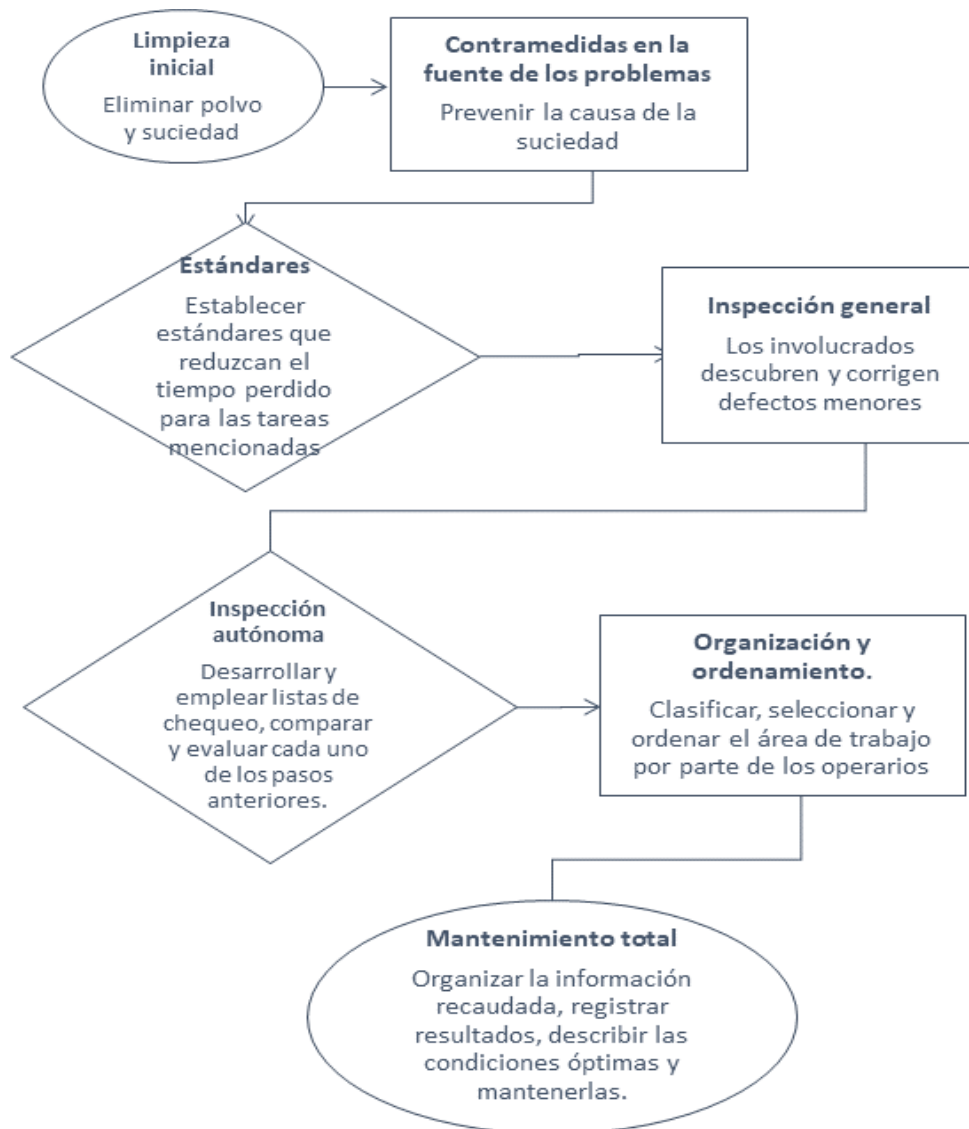
COMPONENTES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACION	SUPUESTOS
Objetivo general. Aumentar los niveles de producción de azúcar en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.	Se aumenta el 60% en el nivel de producción de azúcar (20% el primer año y 40% del año dos al año cinco).	Reporte de producción de azúcar y caña molida de fin de zafra de Ingenio Magdalena.	Informe de producción de azúcar, caña molida y paros de Asazgua.
Objetivo específico. Evitar los paros de producción no programados por fallas en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.	Disminuir los paros no programados por fallas en maquinaria y equipo en un 90% en los cinco años.	Reporte de paros de producción de fin de zafra de Ingenio Magdalena.	Informe de producción de azúcar, caña molida y paros de Asazgua.
Resultado 1: Se cuenta con el Área Industrial como Unidad Ejecutora			
Resultado 2: Se cuenta con anteproyecto Propuesta de Plan de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en maquinaria y equipo en Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.			
Resultado 3: Se cuenta con un Programa de capacitación al personal de Ingenio Magdalena, La Democracia, Escuintla.			

## Otros anexos

### Resultado 2



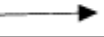


#### Actividad 2: Pilar 2 mantenimiento autónomo

Diagrama de proceso pilar 2 Mantenimiento autónomo



Fuente: Cárdenas, 2022

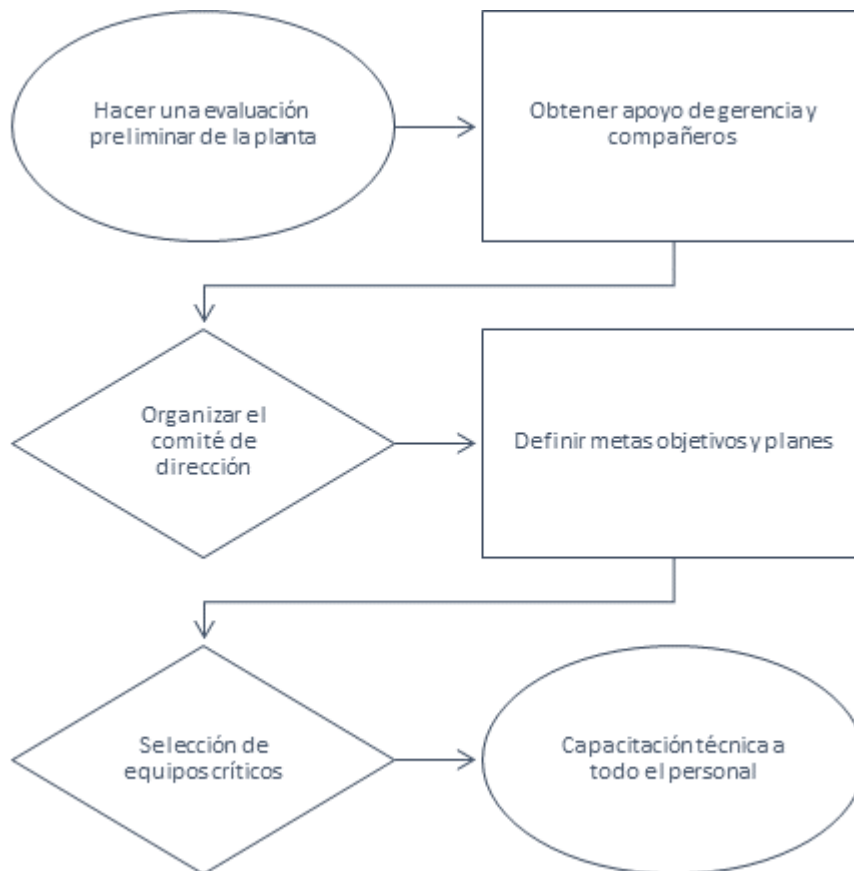
## Simbología de Proceso

Simbolo	Acción
	Inicio o fin de proceso
	Decisión
	Linea de Flujo
	Actividad
	Conector

Fuente: Cárdenas, 2022

### Actividad 3: Pilar 3 mantenimiento centrado






Diagrama de proceso pilar 3. Mantenimiento centrado



Fuente: Cárdenas, 2022



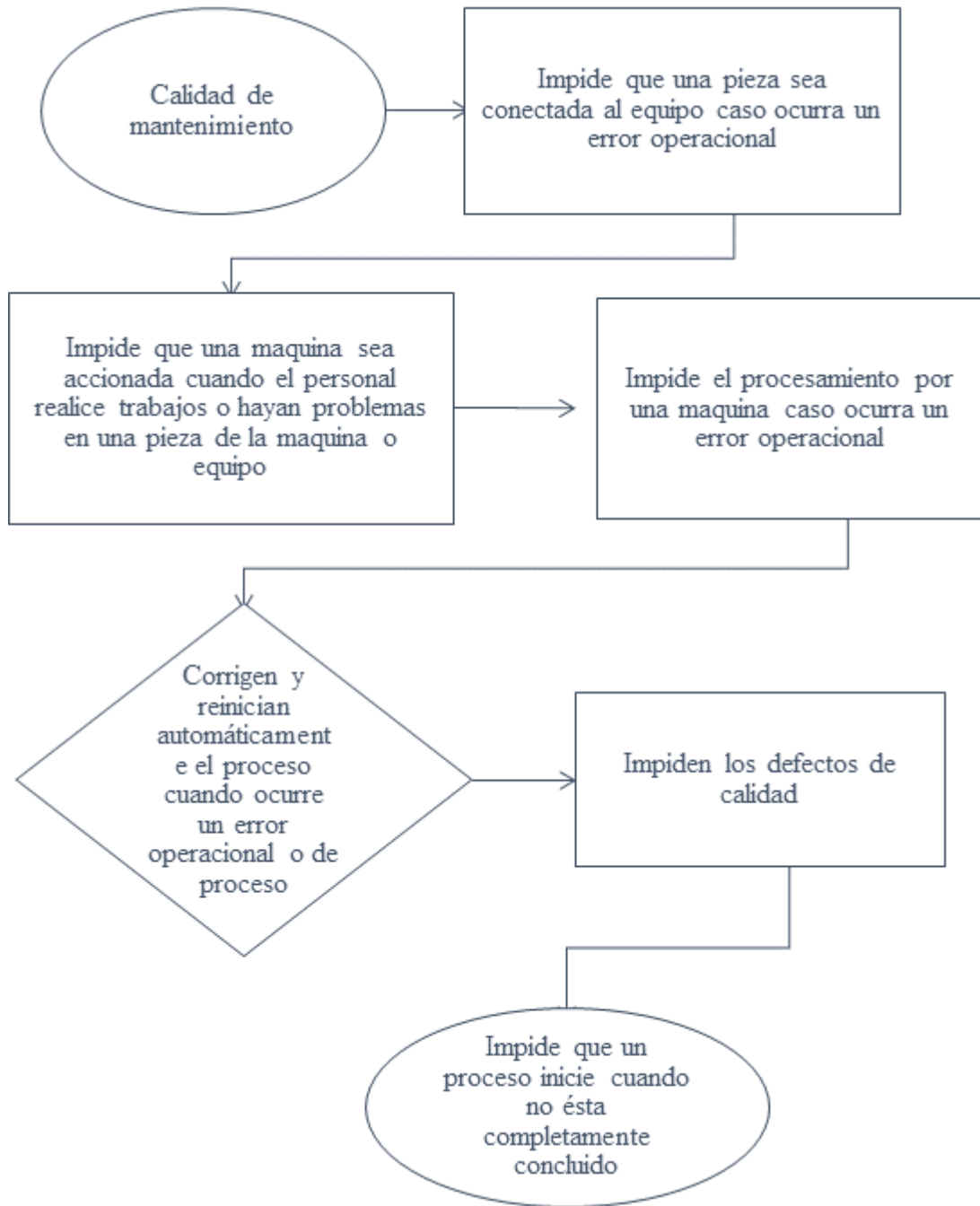
## Simbología de Proceso

<b>Simbolo</b>	<b>Acción</b>
	Inicio o fin de proceso
	Decisión
	Linea de Flujo
	Actividad
	Conector

Fuente: Cárdenas, 2022






**Actividad 5:** Pilar 5 calidad de mantenimiento

Diagrama de proceso pilar 5. Calidad de mantenimiento



Fuente: Cárdenas, 2022

## Simbología de Proceso

Simbolo	Acción
	Inicio o fin de proceso
	Decisión
	Linea de Flujo
	Actividad
	Conector

Fuente: Cárdenas, 2022

## Resultado 3

### Actividad 1: Impartir la capacitación al personal

#### Plan de capacitación al personal

Área de Mantenimiento			Fechas													
No. cursos	Curso	Horas	Mayo	Junio					Julio							
				25	1	8	15	22	6	13	17	20	24	27		
1	Introducción sobre mantenimiento	5	■													
2	Tipos de mantenimiento	5		■												
3	Tipos de motores	5			■											
4	Tipos de reductores	5				■										
5	Tipos de bombas	5					■									
6	Equipos de diagnostico	5						■								
7	Tipos de rodamientos (cojinetes)	5							■							
8	Tipos de lubricantes	5								■						
9	Tipos de chumaceras	5									■					

10	Materiales adecuados para dar mantenimiento a bombas, reductores y motores	5												
11	Tipo y herramienta adecuada para dar mantenimiento a, bombas, reductores y motores	5												
<b>Total horas de capacitación</b>		<b>55</b>												

Fuente: Muj, 2022