



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS
NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE
ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS**

Aarón Benjamín Morales Molina

Asesorado por el Ing. Alex Giovanni Montenegro Chua

Guatemala, abril de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS
NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE
ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

AARÓN BENJAMÍN MORALES MOLINA
ASESORADO POR EL ING. ALEX GIOVANNI MONTENEGRO CHUA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ABRIL DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Edwin Josué Ixpata Reyes
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Milbian Kattina Mendoza Méndez
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha enero de 2019.

Aarón Benjamín Morales Molina

Guatemala julio de 2021

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas.
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial. a.i.
Facultad de Ingeniería.
U.S.A.C.
Presente.

Estimado Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Por este medio, hago constar que yo, el Ingeniero Mecánico Industrial ALEX GIOVANNI MONTENEGRO CHUA, con colegiado número CINCO MIL CIENTO SETENTA Y TRES (5173), doy como visto bueno el desarrollo del trabajo de investigación final de graduación del alumno AARÓN BENJAMIN MORALES MOLINA, identificado con CUI (2336 40495 0116), alumno a quien he podido apoyar como asesor de su protocolo de tesis.

Dando por concluido el desarrollo de la misma investigación y planteando las soluciones inmediatas y efectivas para el beneficio de la empresa donde se desarrolló la misma.

Doy por concluido de forma eficiente ante mi persona el desarrollo de su trabajo de investigación, como tema: **LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS.**

Línea de investigación: administración de operaciones.

Área: manufactura y producción, procesos.

Aprovecho la oportunidad para expresarle mi consideración.

Atentamente.


Alex Giovanni Montenegro Chua
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No 5173

Ingeniero ALEX GIOVANNI MONTENEGRO CHUA

Colegiado número 5173.

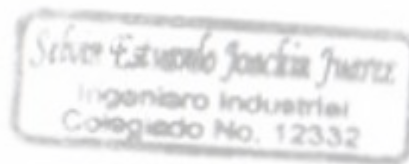


ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

REF.REV.EMI.016.023

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLIDOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS**, presentado por el estudiante universitario **Aarón Benjamín Morales Molina**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Selvin Estuardo Joachin Juárez
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2023.

/mgp



ESCUELA DE
INGENIERÍA MECÁNICA INDUSTRIAL
FACULTAD DE INGENIERÍA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

LNG.DIRECTOR.074.EMI.2023

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el visto bueno del Coordinador de área y la aprobación del área de lingüística del trabajo de graduación titulado: **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA, PARA EVITAR PAROS NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS**, presentado por: **Aarón Benjamín Morales Molina**, procedo con el Aval del mismo, ya que cumple con los requisitos normados por la Facultad de Ingeniería.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Firmada digitalmente por Cesar Ernesto Urquizu Rodas
Motivo: Ingeniero Industrial
Ubicación: Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería
Mecánica Industrial, USAC
Colegiado 4,272
Periodo: enero a marzo año 2023

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, marzo de 2023.



La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN MOLINOS DE CAÑA PARA EVITAR PAROS NO PROGRAMADOS CON LA APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE NANO PRO MT EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS**, presentado por **Aarón Benjamín Morales Molina**, después de haber culminado las revisiones y firmas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada

Decana



Guatemala, abril de 2023

AACE/gaoc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por ser el pilar sobre el que se fundamente mi vida y la razón por la que día a día luche hasta llegar al sitio que me ha permitido estar.
- Mis padres** José Morales (q. e. p. d.) y Susana Molina, quienes con su ejemplo me mostraron la virtud de la persistencia.
- Mis hermanos** Susy, Ani (q. e. p. d.), Claudia, Abraham, Samuel, Rubén, Mónica, Fátima y Diego Morales, por estar siempre conmigo apoyándome en forma incondicional.
- Mis sobrinos** A cada uno de ellos, para que no dejen de soñar y crean en sí mismos para mostrar la mejor versión de sí mismos.
- Mis amigos** Max, Neftalí, Alejandra y Artemio por animarme en cada oportunidad y mostrar el afecto mutuo que nos respalda.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser el templo de aprendizaje para cientos de generaciones, haciendo posible un mejor país y profesionales dedicados a su vocación.
Facultad de Ingeniería	Por instruirme profesionalmente y brindarme una herramienta más para mi vida, forjando también carácter y profesionalismo en mis actos.
Mis amigos de la Facultad	César, Julio, Fernando y Eric porque se creó un vínculo de amistad con valores y objetivos comunes, que día a día nos ayudaron a alcanzar nuestras metas.
Pablo Grijalva	Por brindarme la oportunidad de desempeñarme profesionalmente y sobre iniciar este camino de preparación.
Alex Montenegro	Por brindarme su apoyo profesional y al mismo tiempo ser un ejemplo, para trabajar con profesionalismo y rectitud.
Paula del Rosario	Por sus consejos y palabras de ánimo cuando más lo necesitaba y por creer en mí, en mis capacidades.

1.4.3.1.	Clasificación de los reductores de velocidad	20
1.4.3.2.	Descripción del funcionamiento.....	23
1.4.3.3.	Diagrama de los componentes.....	26
1.4.3.4.	Tipos de aplicaciones de los reductores de velocidad	28
2.	SITUACIÓN ACTUAL	31
2.1.	Descripción de las operaciones de los molinos.....	31
2.1.1.	Función de los molinos de caña	32
2.1.2.	Tipos de molinos de caña.....	33
2.1.3.	Proceso de carga a los molinos	34
2.1.3.1.	Volumen de carga	36
2.1.4.	Proceso de molienda.....	37
2.1.5.	Análisis de la producción.....	38
2.1.6.	Diagrama de flujo	40
2.2.	Tiempo de producción.....	40
2.2.1.	La zafra	40
2.2.2.	Tiempo de producción de los molinos	41
2.2.3.	Tiempo de paro	42
2.3.	Materia prima	42
2.3.1.	Recolección de la materia prima	42
2.3.2.	Corte de la materia prima	43
2.3.2.1.	Corte manual.....	44
2.3.2.2.	Corte mecanizado	45
2.4.	Falla en los equipos	46
2.4.1.	Clasificación de las fallas	46
2.4.2.	Tipos de fallas más comunes	48
2.4.3.	Causas	50

2.4.4.	Acciones para solucionar fallas	50
2.4.5.	Factores que afectan la producción.....	51
2.5.	Productividad de los molinos	53
2.5.1.	Consumo energético.....	53
2.5.2.	Volumen de molienda	54
2.5.3.	Paros no programados	54
3.	PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN NANO TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE	55
3.1.	Descripción del estabilizador	55
3.1.1.	Funciones del estabilizador	55
3.1.2.	Composición	56
3.1.3.	Aplicaciones.....	57
3.1.4.	Ejemplos aplicados.....	60
3.2.	Aplicación del estabilizador	62
3.2.1.	Condiciones de los equipos.....	63
3.2.2.	Tipos de aplicación	63
3.2.3.	Dosificación	63
3.2.4.	Medidas de seguridad	64
3.2.5.	Proceso de aplicación.....	68
	3.2.5.1. Tiempo de aplicación.....	68
	3.2.5.2. Estado del equipo	68
3.2.6.	Seguridad para la aplicación.....	68
	3.2.6.1. Requisitos del equipo	68
3.3.	Concepto general del mantenimiento	69
3.3.1.	Mantenimiento preventivo de los equipos.....	70
3.3.2.	Mantenimiento predictivo de los equipos	73
3.4.	Análisis de los equipos	93
3.4.1.	Datos de los análisis.....	94

	3.4.1.1.	Análisis de las principales fallas	95
	3.4.1.2.	Fallas críticas	97
	3.4.2.	Factores a analizar	97
	3.4.2.1.	Presión	98
	3.4.2.2.	Temperatura.....	98
	3.4.2.3.	Potencia	98
	3.4.2.4.	Consumo energético	98
4.		APLICACIÓN DE ESTABILIZADOR DE ACEITE EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS	101
4.1.		Diagrama de los circuitos hidráulicos	101
	4.1.1.	Diagrama de los motores hidráulicos	101
	4.1.2.	Diagrama de los reductores hidráulicos	102
	4.1.3.	Ubicaciones de los equipos.....	103
4.2.		Indicadores de mantenimiento	104
	4.2.1.	Disponibilidad mecánica.....	104
	4.2.2.	Consumo energético	106
	4.2.3.	Incidentes	107
4.3.		Aplicación del estabilizador	109
	4.3.1.	Plan de aplicación	112
	4.3.2.	Condiciones de los motores hidráulicos	113
	4.3.3.	Condiciones de los reductores hidráulicos	114
	4.3.4.	Proyección de resultados	114
4.4.		Control de los equipos.....	116
	4.4.1.	Análisis de las fallas	116
	4.4.2.	Registro de las fallas	117
	4.4.3.	Gráficas de los equipos pre estudio	117
4.5.		Recolección de datos	120
	4.5.1.	Creación de tablas de datos.....	120

4.5.2.	Control de los equipos	120
4.5.3.	Interpretación de los datos	121
4.5.4.	Análisis de los datos recolectados.....	123
4.6.	Productividad.....	123
5.	MEJORA DEL PROCESO.....	125
5.1.	Resultados obtenidos	125
5.1.1.	Datos de los motores hidráulicos.....	125
5.1.2.	Datos de los reductores hidráulicos.....	126
5.1.3.	Gráficas de los equipos	126
5.2.	Indicadores de mantenimiento.....	127
5.2.1.	Consumo energético.....	127
5.2.2.	Disponibilidad mecánica	127
5.2.3.	Cantidad de incidentes resueltos.....	128
5.2.4.	Tiempos de paro post estudio.....	128
5.3.	Interpretación de los resultados.....	128
5.3.1.	Análisis de la temperatura de los equipos	129
5.3.2.	Análisis de la presión de los equipos.....	129
5.3.3.	Análisis de la productividad	129
5.4.	Ventajas y beneficios.....	130
5.4.1.	Mejoras en los equipos	130
5.4.2.	Rendimiento energético	131
5.4.3.	Mejora del tiempo de producción.....	131
5.4.4.	Reducción de los tiempos de paro.....	132
5.5.	Acciones correctivas.....	132
5.5.1.	En los motores hidráulicos.....	133
5.5.2.	En los reductores hidráulicos.....	133
5.5.3.	El control de los equipos.....	134

CONCLUSIONES..... 135
RECOMENDACIONES 137
REFERENCIAS 139
APÉNDICES..... 141
ANEXOS..... 143

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Geolocalización de la empresa	3
2.	Organigrama de la empresa.....	4
3.	Tipos de aplicaciones de los motores hidráulicos	13
4.	Diagrama de conexión de bomba y motor.....	16
5.	Diagrama de circuito cerrado	17
6.	Elementos de máquina para reducir velocidad	18
7.	Descripción del funcionamiento	24
8.	Representación del funcionamiento de tornillo sinfín-corona.....	24
9.	Diagrama de engranajes planetarios	25
10.	Diagrama de circuito abierto	26
11.	Diagrama de circuito cerrado	27
12.	Diagrama de conexión de drenó	27
13.	Funciones básicas del molino de caña.....	32
14.	Corte mecanizado	45
15.	Reporte de fallas comunes.....	48
16.	Control de fallas del segundo semestre 2018	49
17.	Caja de engranajes	61
18.	Rombo de seguridad de la empresa	66
19.	Rombo de seguridad del estabilizador	67
20.	Diagrama del circuito hidráulico	101
21.	Motor hidráulico con corte axial.....	102
22.	Diagrama del reducto de velocidad.....	102
23.	Reductor hidráulico	103

24.	Ubicación de equipos para el proceso de caña de azúcar.....	103
25.	Molino de caña de azúcar.....	104
26.	Accidentes durante 2019	108
27.	Vírgenes y sus bancazos.....	109
28.	Motor hidráulico de anillo de levas.....	111
29.	Conexión de motor eléctrico, bomba hidráulica, filtros y tanque.....	113
30.	Consumo de vapor.....	118
31.	Comparación entre la potencia consumida actual y la potencia calculada.....	127

TABLAS

I.	Servicios según las necesidades del cliente.....	1
II.	Descripción de puestos superiores en la empresa	5
III.	Motores de mayor uso por la empresa	9
IV.	Funcionamiento de los motores de mayor demanda en la empresa.....	11
V.	Diagramas de los componentes y su simbología.....	14
VI.	Factores técnicos a determinar para elección de los reductores precisos	19
VII.	Clasificación de los reductores de velocidad	21
VIII.	Aplicaciones principales de los reductores de velocidad por mayor índice de demanda y uso en la empresa	28
IX.	Molinos de caña empleados en la empresa.....	33
X.	Densidad de la caña respecto a su clasificación	36
XI.	Componentes del jugo de caña	37
XII.	Factores que intervienen en el proceso de producción de la caña	38
XIII.	Período de verano según la altura sobre el nivel del mar	41
XIV.	Técnicas empleadas para corte manual	44
XV.	Clasificación de fallas	47

XVI.	Reporte de fallas segundo semestre 2018.....	49
XVII.	Factores que afectan la producción	51
XVIII.	Intervalo de sustitución de aceite	63
XIX.	Especificación técnica para la dosificación	64
XX.	Matriz AMFE	97
XXI.	Indicador de servicio área de producción.....	99
XXII.	Indicador de servicio de la empresa.....	99
XXIII.	Indicador de servicio área de producción.....	106
XXIV.	Indicador de servicio de la empresa.....	107
XXV.	Accidentes durante 2019.....	107
XXVI.	Accidentes durante 2019 factor ambiental	108
XXVII.	Accidentes durante el segundo semestre 2019 por factor ambiental	108
XXVIII.	Factor de grueso del colchón real	114
XXIX.	Velocidades de trabajo de las mazas vrs factor grueso del colchón real	115
XXX.	Consumo de energía en la planta	115
XXXI.	Consumo de potencia en la planta	116
XXXII.	Registro de fallas	117
XXXIII.	Consumo de vapor para molienda	118
XXXIV.	Consumos variables de vapor	119
XXXV.	Consumo de electricidad Kw-Hr/Tn.....	119
XXXVI.	Registro de mantenimiento	120
XXXVII.	Control de equipos	121
XXXVIII.	Interpretación de datos.....	122
XXXIX.	Cálculo de la eficiencia.....	123
XL.	Demanda de potencia	125
XLI.	Reductor de velocidad.....	126
XLII.	Tiempos de paros.....	128
XLIII.	Análisis de la productividad en base a la propuesta de mejora.....	130

XLIV. Estimación de costos energéticos..... 131

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
Cm	Centímetro
GPa	Gigapascales
°C	Grados centígrados
MPa	Megapascales
m/s	Metro sobre segundo
mm	Milímetro
Nm	Newton-metro
O₂	Oxígeno
ft/s	Pies sobre segundo
%	Porcentaje
In (pulg)	Pulgadas
Fe	Símbolo del elemento químico hierro

GLOSARIO

Acople	Elemento mecánico que sirve para conectar tramos de diferentes ejes y de esta manera transmitir energía.
AISI	Instituto Americano del Hierro y el Acero, (<i>American Iron and Steel Institute</i>).
ASTM	Sociedad Americana de ensayos de materiales (<i>American Society for Testing of Materials</i>).
Bagazo	Residuo leñoso de la caña de azúcar resultante luego del proceso de extracción de jugo en un molino.
BTU	Unidad térmica británica; es la cantidad de energía necesaria para elevar a una libra de agua de una temperatura de 63 °F a 64 °F.
Calor latente	Energía necesaria para cambiar de fase una sustancia.
Chorra	Corte común en el proceso de recolección de caña de azúcar, donde se emplea un machete tipo australiano y en cañales 100 % quemados.
Eficiencia	Rendimiento obtenido de un proceso o de una máquina en relación con los recursos invertidos.

Molienda	Proceso de extracción del jugo de caña en los molinos.
Molinos	Equipo que se utiliza para extraer el jugo de la caña, conformado por cuatro mazas.
Pirolisis	Se le llama así a la descomposición química de materia orgánica y todo tipo de materiales, se exceptúan los metales y vidrios.
Tándem	Conjunto de molinos colocados en serie.
Virgen	Soporte mecánico de todo el conjunto de un molino, que permite la fijación de la posición de las masas.
Zafra	Tiempo de cosecha de la caña de azúcar, además del procesamiento de esta para la producción de azúcar en los ingenios azucareros.

RESUMEN

En la actualidad existe varias industrias que se dedican a la cosecha de caña de azúcar en la región sur del país, este sector agrícola del país mueve una importante cantidad de producto y establece también una fuente importante de ingresos para las personas que laboran y dependen exclusivamente de esta labor.

Como parte de esta labor se cosecha la caña y posteriormente se realiza el corte de la misma, este proceso puede realizarse de dos maneras; la primera es conocida como corte manual, puesto que los trabajadores se dedican realizarlo con herramientas manuales, desde la parte más baja del tronco, lo que hace que se corte casi en su totalidad la longitud de la caña.

Cuando el corte se realizar de forma mecánica se ejecuta con máquinas que cortan la caña en forma continua, en consecuencia, el proceso se lleva a cabo en forma más rápida y los cortes son más pequeños, sin embargo, el corte hasta la raíz no se lleva a cabo con la misma precisión que cuando el corte es manual, lo que puede ocasionar desperdicios y en ocasiones que jornaleros realicen labores que permitan evitar estos desperdicios, volviendo a cortar los restos que no han sido cortados.

Posteriormente el proceso continua en los molinos, que es parte importante de la producción del azúcar de caña, derivado de los dos tipos de corte que se realiza a ésta, el proceso puede variar puesto que cuando es de corte manual el volumen es mayor, pero la carga es menor porque los trozos son más grandes y dejan espacios sin llenar, caso contrario cuando se realiza con el

tipo de corte mecánico, porque los espacios son más llenados por los trozos de caña, lo que ocasiona que la carga sea mayor debido a que existe menos desperdicios de áreas.

El presente proyecto pretende dar a conocer las ventajas de mantener en correcto funcionamiento los molinos de caña en el sector de la industria azucarera, para ayudar a mejorar su índice de productividad ya que cada paro no programado representa una baja en la disponibilidad del equipo y eleva los costos de producción.

OBJETIVOS

General

Incrementar de la productividad en molinos de caña, con la aplicación de la nano tecnología de estabilizador de aceite en motores hidráulicos, para evitar paros no programados.

Específicos

1. Determinar las fallas recurrentes que ocasionan paros en los motores hidráulicos de los molinos de caña.
2. Mejorar formatos específicos que permitan recolectar datos de las fallas ocasionadas en los elementos mecánicos.
3. Establecer un plan de acción que permita ejecutar la aplicación de la nano tecnología de estabilizador de aceite nano pro a los elementos hidráulicos para mejorar el rendimiento mecánico.
4. Dar a conocer los beneficios de la aplicación de nano tecnología en los fluidos hidráulicos, de modo que permitan mejorar las propiedades químicas para reducir presiones y temperaturas en los equipos en funcionamiento.

5. Comparar los resultados de las mediciones previas a la aplicación de nano tecnología en los elementos hidráulicos y los resultados posteriores a la aplicación de la nano tecnología.
6. Dar a conocer las gráficas que muestren la mejora en la disminución de potencia utilizada en los motores hidráulicos y así como los niveles de vibración de los equipos antes y después de la aplicación de nano tecnología.
7. Determinar el índice de mejora de la productividad de molienda de caña en los molinos después de aplicar estabilizador de aceite nano pro en los motores hidráulicos.

INTRODUCCIÓN

Los molinos de caña presentan una parte crítica del proceso de producción del azúcar de caña, debido que a partir de acá se empieza a preparar la materia prima para su producción y debido a que forman una cadena de acciones que llevan a cabo el proceso total, un paro en esta parte inicial de dicho proceso representa bajas en la productividad que conlleva a pérdidas significativas.

Mantener a los molinos funcionando en correctas condiciones, pese a la demanda de trabajo al cual son sometidos en forma constante, es una acción primordial puesto que el corazón del trabajo de estos molinos son los motores hidráulicos, los cuales ejecutan una labor crucial y es la de mover las cuchillas que se encargaran de triturar a los trozos de caña que son llevados después del corte.

Debido a la fluctuación de cargas en los molinos por los distintos tipos de corte de caña, los motores hidráulicos sufren cambios abruptos en las presiones de trabajo, puesto que se ven obligados a mantener el mismo torque aplicando cargas distintas, esto sucede porque es una secuencia de molinos, uno tras otro va moviendo la caña que ha sido cortada, y la velocidad juega un papel muy importante en el proceso, un atraso en una sección obliga a detener o bien retrasa el proceso.

Cuando la presión se eleva ocasiona daños en los sellos hidráulicos y las cuchillas que van cortando la materia prima, así mismo el consumo energético se va incrementando, ya que la presión y la temperatura son directamente proporcionales y a la vez el motor se ve obligado a mantener un torque de trabajo

constante con variaciones de presión y de carga por motivo a que los motores hidráulicos tienen capacidades limitadas de trabajo.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. Inicios de la empresa en Guatemala

Es una empresa de origen estadounidense con sede en Guatemala y otros países, sobre todo en América Latina. En el año 2017 inició operaciones en el territorio guatemalteco, se firmó con una empresa americana que desarrollaba tecnología para las fuerzas armadas de los Estado Unidos.

Se dedica a la optimización de procesos industriales, con un enfoque en fluidos, dada la necesidad de implementar mejoras en los lubricantes en la región, se decidió crear una división local en el área de Guatemala, es así como nació dejar personal en la región, capacitarlo con lo último en tecnología Nano y que sea entes de expansores de esta tecnología.

1.2. Información general

Dentro de los servicios que ofrece la empresa a sus clientes se pueden mencionar como ramas acciones principales tres: reparaciones de campo, labores de mantenimiento, asesoría y entrenamiento.

Tabla I. **Servicios según las necesidades del cliente**

Acciones principales de la empresa	Descripción y alcance
Reparaciones de campo	<ul style="list-style-type: none">• Reanudar labores de fabricación (contener la falla o si es posible a corto plazo corregir).• Identificar y atacar la causa raíz del problema.• Presentar un plan de mantenimiento preventivo para evitar fallas futuras.

Continuación de la tabla I.

Labores mantenimiento	de <ul style="list-style-type: none">• Acciones de limpieza de sistemas hidráulicos: flushing con fluidos de menor viscosidad y dispositivos que garanticen que se alcance el número de Reynolds adecuado para así lograr remover la mayor cantidad de contaminantes de los sistemas.• Análisis de fluidos: dar a conocer las propiedades de los fluidos en su planta. Una vez tiene fluidos en buenas condiciones, mantenerlos así representa una inversión bastante baja para la operación. Lo contrario aplica a nivel exponencial: al no mantener sus fluidos, los requerimientos de inversión en mantenimiento correctivo aumentan considerablemente,• Diálisis de Fluidos de Potencia: se cuenta con equipo que puede ser rentado o adquirido. Si el cliente lo desea se efectúa el proceso de diálisis hasta alcanzar el número ISO requerido o el sugerido para su aplicación específica,• Calibración de Equipos Hidráulicos, Neumáticos y de Automatización: la empresa brinda el apoyo para calibrar los equipos. para ello basta con contactar a la empresa y esta se hace cargo de las necesidades de sus clientes.
Asesorías entrenamiento	y Uno los objetivos es apoyar a entender el funcionamiento los equipo. Por ello se dedican a estructurar entrenamientos para la aplicación en específico, desde principios básicos de la técnica de fluidos, hasta tecnologías avanzadas de control proporcional y servo.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.2.1. Ubicación

La empresa está ubicada en la 17 avenida, 19 – 70 de la zona 10 de ciudad capital de Guatemala, en el departamento de Guatemala. Las oficinas se pueden encontrar en el edificio Torino, en el nivel 10, en la oficina 1011.

Figura 1. **Geolocalización de la empresa**



Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de *Google Maps*. Recuperado de <https://www.google.com/maps/place/Edificio+Torino,+19-70,+17+Avenida,+Ciudad+de+Guatemala/@14.5882355,-90.5063461,17z/data=!3m1!4m5!3m4!1s0x8589a39587c63aa7:0xeabb2473a4e3f1f0!8m2!3d14.5882355!4d-90.5041574>.

1.2.2. Misión

Aportar soluciones industriales de valor, entregadas a tiempo y con una calidad de referencia, que les permitan a nuestros clientes optimizar su capacidad operativa.

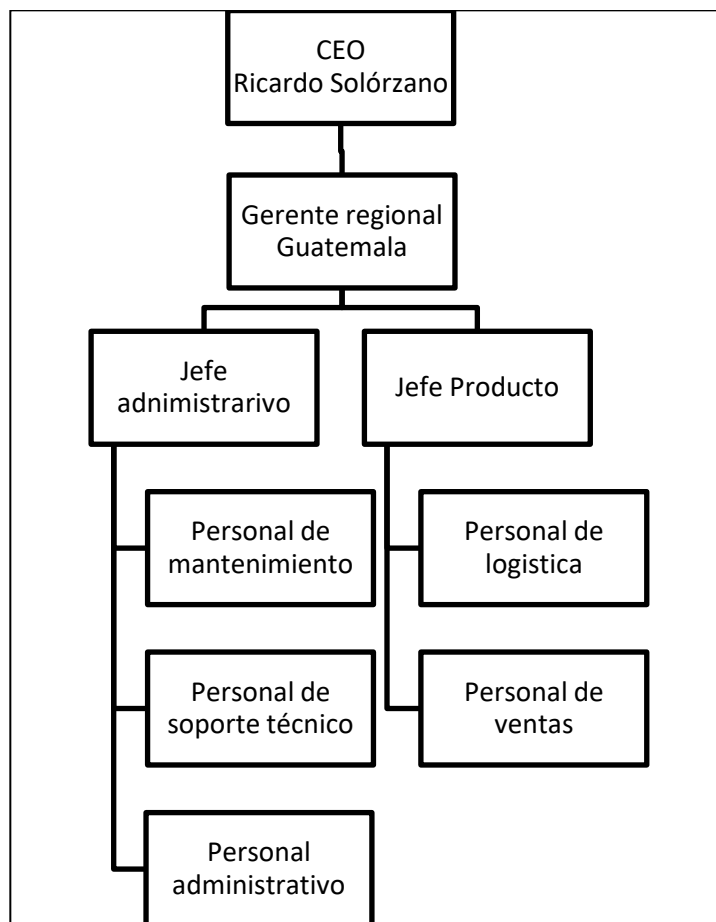
1.2.3. Visión

Contar con presencia local en cada uno de los territorios donde se presente la necesidad nuestros servicios, ofreciendo asesoría personalizada para cubrir todas las necesidades de los futuros clientes.

1.3. Tipos de organización

La empresa según la forma jurídica está compuesta por una sociedad, corresponde al modelo empresarial de Sociedad Anónima, los dueños han adquirido acciones de la empresa, siendo que tiene sus orígenes en país extranjero, organizado desde su país de origen, con encargados regionales en Guatemala, y así diversas gerencias en el continente americano.

Figura 2. Organigrama de la empresa



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.3.1. Descripción de la empresa

Se presenta la descripción de puestos en base al organigrama proporcionado por la gerencia general de la empresa en estudio. Además, se realiza una breve descripción de los puestos, atributos y alcances según el rol dentro de la empresa, se inicia por la parte superior de la jerarquía y estructura organizacional CEO.

Tabla II. Descripción de puestos superiores en la empresa

Puesto	Descripción
CEO	Es el gerente de la región para Centro América y El Caribe, se encarga de dirigir, controlar planificar las ventas y servicios en general de las regiones a su cargo. Además, establece metas, objetivos y se encarga de velar por el cumplimiento de lo propuesto, está también a su cargo la negociación de los servicios y el contacto con los clientes, y coordinar la distribución del producto a las regiones correspondientes.
Gerente regional Guatemala	Su trabajo consiste en coordinar las actividades de la empresa en Guatemala y así mismo también vela por la región de Centro América cuando el jefe inmediato lo solicita o demanda de acuerdo con la disponibilidad. Tiene también a su cargo velar por el trabajo de las áreas administrativas y de producto. Crea también actividades de capacitación para el personal, y apoya en las labores de servicios técnicos y de mantenimiento. Coordina, planifica y ejecuta las metas la división en la localidad, también es el representante legal en el país y la región de Centro América cuando es solicitado o en ausencia del jefe superior.

Continuación de la tabla II.

Jefe administrativo	<ul style="list-style-type: none">• Consiste en coordinar las labores del personal a su cargo, velar también por el control de las ventas y del producto en existencia, así como del producto que debe ingresar. Reporta los ingresos financieros de la empresa y controla los movimientos durante el período mensual contable.• Tiene a su cargo al personal de mantenimiento; que se encarga de prestar mantenimiento al equipo que ha sido adquirido por los clientes, además de dar seguimiento a los equipos que acaban de adquirir nuestros clientes. Servicio técnico; la labor del personal de servicio técnico consiste en dar soporte a las personas que desean adquirir un producto, o desean realizar modificaciones en los equipos actuales, estos equipos que ven no son todos de la marca que la empresa distribuye. Personal administrativo; este personal tiene a su cargo las actividades de contabilidad, recepción e información, son los encargados de mantener informados a los clientes, entre otras actividades está también mantener actualizada la información en sitios de consulta virtual o física.
Jefe de producto	<ul style="list-style-type: none">• Su principal función consiste en coordinar el inventario del producto de la empresa, así mismo informar de los tiempos y cantidades de reabastecimiento, presenta también un reporte mensual de los movimientos del producto, para que en coordinación con el personal administrativo se cree un informe del movimiento financiero que ha tenido la empresa.• Tiene a su cargo al personal de logística; cuyas responsabilidades son hacer entrega y recepción del producto que la empresa distribuye o adquiere, también colaboran con el personal de mantenimiento cuando se solicita, y con mensajería de la empresa. Personal de ventas, que tiene a su cargo el contacto con los clientes, brindar la información de los productos y la venta de estos, trabaja en coordinación con el personal de mantenimiento y servicio técnico, debido a que la empresa también ofrece servicios.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.4. Equipos hidráulicos

Los equipos hidráulicos empleados por la empresa, son aquellos que utilizan la potencia del generador hidráulico, para ejecutar un trabajo final, de modo que convierten la energía hidráulica en energía mecánica, así mismo pueden transformar movimientos circulares en movimientos rectilíneos. Existen varios tipos de equipos hidráulicos, a los cuales se les llamará como actuadores; dentro de estos tipos de actuadores se pueden mencionar varios, tales como: motores hidráulicos, cilindros de simple efecto, cilindros de doble efecto, bombas regulables de caudal, reductores hidráulicos, transmisiones y bombas hidráulicas entre otros.

La ventaja que implica la utilización de la energía hidráulica es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas, empleando para ello pequeños elementos y la facilidad de poder realizar maniobras de mandos y reglaje. A pesar de estas ventajas hay también ciertos inconvenientes debido al fluido empleado como medio para la transmisión. Esto debido a las grandes presiones que se manejan en el sistema las cuales posibilitan el peligro de accidentes, por esto es preciso cuidar que los empalmes se encuentren perfectamente apretados y estancos.

1.4.1. Descripción de los equipos

Los equipos hidráulicos tienen como función principal generar el movimiento de los elementos de los molinos, utilizando la energía hidráulica, para ello utilizan potencia, presión y el caudal del fluido hidráulico.

La utilización de este equipo se convierte en consumo energético, cabe destacar que el equipo trabaja 24 horas al día. Siendo los generadores del

movimiento de las cuchillas que van triturando la caña de azúcar durante el proceso. Para el desarrollo del presente trabajo, se han sometido a estudio dos elementos principales, que son los motores hidráulicos y los reductores hidráulicos, los cuales se describirán posteriormente.

1.4.2. Motores hidráulicos

Los motores hidráulicos empleados en los trabajos demandados se clasifican como actuadores giratorios. Los motores se asemejan a las bombas en lo que se refiere a su construcción. Sin embargo, en lugar de empujar el fluido como lo hace la bomba, el fluido ejerce presión sobre el área interna de la superficie del motor, desarrollando fuerza torsional. La resistencia desde la carga se produce cuando el flujo de la bomba genera un movimiento de rotación continuo. Como los puertos de entrada y salida pueden estar presurizados, la mayoría de los motores hidráulicos se drenan externamente.

Además, transforman la energía de trabajo hidráulico en energía mecánica rotativa, que es aplicada al objeto resistivo por medio de un eje. Los motores son equipos similares a las bombas hidráulicas de desplazamiento positivo solo que son diseñados para operar en ambas direcciones. Todos los motores consisten básicamente en una carcasa con conexiones de entrada y salida y en un conjunto giratorio conectado a un eje.



1.4.2.1. Tipos de motores hidráulicos

Los cuatro tipos más comunes de motores hidráulicos son de engranaje, de paletas de pistón y de eje acodado. El tipo de motor se elige de acuerdo con varios factores, por ejemplo, el caudal demandado, este varía de acuerdo con el

tipo de trabajo a realizar. También de acuerdo con el tipo de transmisión se desea obtener, si es lineal o angular.

Antes de realizar una compra la empresa somete a un proceso crítico de adquisición, para valorar el costo de adquisición, además de este punto importante, también se valorizan a futuro los costos de mantenimiento.

Tabla III. **Motores de mayor uso por la empresa**

Tipo de motor	Descripción del motor
Motor de engranajes	Básicamente en una carcasa con orificios de entrada y salida y un mecanismo de bombeo compuesto por dos engranajes uno de los engranajes es parte del eje que es conectado a la fuerza motriz, mientras la otra gira libremente, este tipo de motor es bastante resistente a ambientes hostiles, además de ser ruidosos, sin embargo, al dañarse se consideran desechables.
	
Motor de paletas	Producen la acción de bombeo deslizando unas paletas a lo largo de un anillo, para su mantenimiento, existen kits de mantenimiento para cambiar las paletas. El anillo puede ser cambiado y existen paquetes de sellos de la carcasa y el eje.
	

Continuación de la tabla III.

Motor de pistones	Es un motor hidráulico que funciona a causa de un conjunto de pistones que actúan de forma recíproca dentro de un cilindro. El motor hidráulico de pistones más común es la de pistones axiales. Está compuesta básicamente por un barril de cilindros, pistones con zapatas, plato basculante, placa de zapatas, resorte de la placa de zapatas y una placa de puertos.
Motores de eje acotado	Los motores de pistones axiales de eje inclinado generan torque como resultado de una reacción a presión sobre pistones recíprocos. En este diseño, el barrilete y el eje se encuentran instalados a un ángulo entre sí. La reacción es sobre la brida del eje. La velocidad y torque cambia con variaciones en el ángulo, desde una velocidad mínima predeterminada a un desplazamiento máximo y torque a un ángulo de aproximadamente 30 grados, hasta una velocidad máxima a un desplazamiento mínimo y torque a aproximadamente 7.5 grados.



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

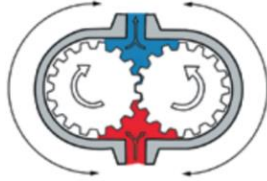
1.4.2.2. Funcionamiento de los motores hidráulicos

El funcionamiento es con base en la estructura interna, debido a que el principio de todos es el mismo, como se había descrito anteriormente llevan a cabo la acción de utilizar la presión hidráulica y la convierten en energía mecánica, energía rotacional.

Tabla IV. **Funcionamiento de los motores de mayor demanda en la empresa**

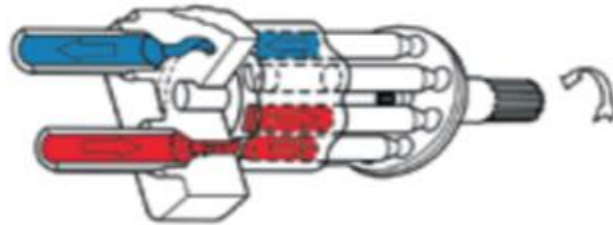
Tipo de motor	Breve descripción del funcionamiento
Motor de paletas	<p>El rotor del motor se monta en un centro que está desplazado del centro de la carcasa. El eje del rotor está conectado a un objeto que ofrece resistencia. Conforme el fluido pasa por la conexión de entrada, la energía de trabajo hidráulica actúa en cualquier parte de la paleta expuesta en el lado de la entrada.</p> <p>Una vez que la paleta superior tiene mayor área expuesta a la presión, la fuerza del rotor queda desbalanceada y el rotor gira. Conforme el líquido alcanza la conexión de salida, donde se está produciendo una disminución del volumen, el líquido vuelve a salir. Antes de que un motor de paletas entre en funcionamiento, sus paletas deben ser extendidas</p>
<p>MOTOR DE PALETAS</p> <p>1. EL FLUIDO ENTRA POR EL PUERTO</p> <p>2. EMPUJA LAS PALETAS</p> <p>3. TRANSMITE EL MOVIMIENTO ROTACIONAL AL EJE</p> <p>4. EL FLUIDO SALE POR EL PUERTO</p>	
Motor de engranajes	<p>Conocido como motor de desplazamiento positivo que desarrolla un par de salida en su eje a través de la acción de la presión hidráulica en los dientes de los engranajes. Un motor de engranaje consiste básicamente en una carcasa con aberturas de entrada y de salida y un conjunto giratorio compuesto de dos engranajes.</p> <p>Uno de los engranajes, el engranaje motriz, está conectado a un eje que está conectado a una carga. La otra es el engranaje movido. El fluido es movido a través de los dientes del motor, pasando del área de succión hacia el área de presión, el fluido se moverá de acuerdo al giro el engranaje motriz, puesto que los motores a diferencia de las bombas no tienen sentido fijo de rotación, la presión varía de acuerdo al punto de distribución.</p>

Continuación de la tabla IV.



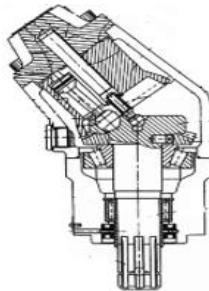
Motor de pistones

Motor de desplazamiento positivo que desarrolla un par de salida en su eje por medio de la presión hidráulica que actúa en los pistones. El conjunto giratorio de un motor de pistón consiste básicamente de placa de deslizamiento, tambor de cilindro, pistones, placa de retención, muelle de retención, placa de orificio y eje. Una bomba de pistón de caudal variable es aquella en la cual podemos controlar el flujo de aceite que entrega al sistema hidráulico variando la inclinación del plato basculante. El caudal controla la velocidad de los componentes de un sistema hidráulico.



Motor de eje acotado

El motor hidráulico de pistones axiales rotativos o acodado, tiene una envolvente que aloja un tambor de cilindros apoyado en dicha envolvente para la rotación alrededor de un eje del tambor y que tiene cierto número de cilindros dispuestos circunferencialmente con cierto número de pistones que se mueven alternativamente entre dos posiciones extremas definidas, cooperando dichos pistones con una placa en ángulo con el objeto de obtener un movimiento alternativo, posee también un árbol de entrada o salida para la transmisión de potencia.

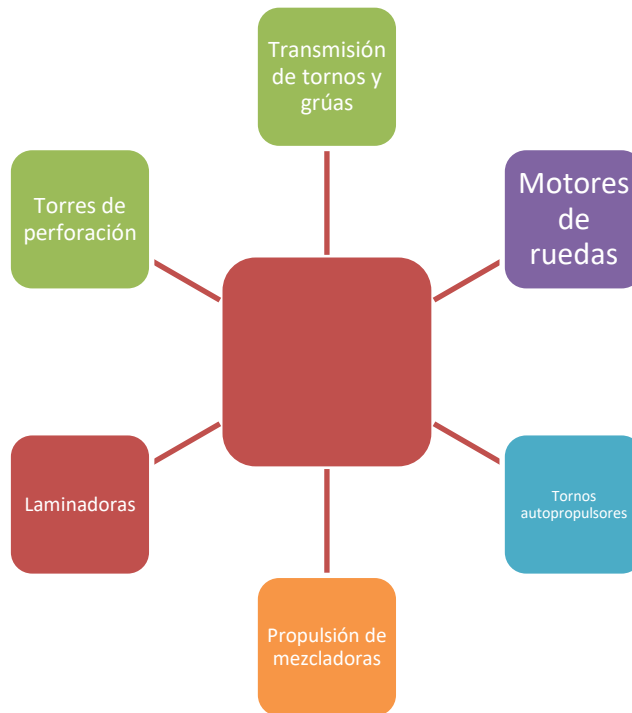


Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.4.2.3. Tipos de aplicaciones de motores hidráulicos

Los motores hidráulicos se clasifican en pies-libras o en pulgadas-libras de fuerza torsional por un valor dado en psi, generalmente pulgadas-libras por 100 psi. La fuerza torsional es igual a la carga multiplicada por el radio. Los motores de desplazamiento grandes normalmente tienen un radio de mayor tamaño sobre el que el fluido hidráulico ejerce presión; por lo tanto, generan mayor fuerza torsional a una presión determinada.

Figura 3. Tipos de aplicaciones de los motores hidráulicos



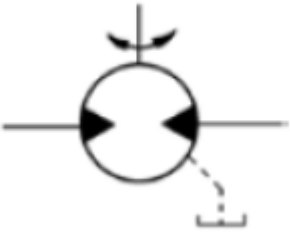
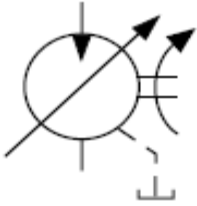
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.4.2.4. Diagramas de los componentes

Los motores usados en sistemas hidráulicos industriales son casi exclusivamente diseñados para ser bidireccionales (operando en ambas direcciones). Incluso aquellos motores que operan en sistema de una sola dirección (unidireccional) son probablemente motores bidireccionales de diseño. Con el fin de proteger su sellado del eje, los motores bidireccionales, de engranaje de caña y de pistón son, en general, drenados externamente.

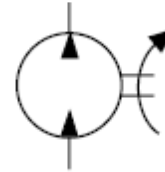
La simbología muestra a un motor y en la parte inferior a un motor con drenado del exceso de caudal como protección a cargas elevadas, debido a que el motor para trabajar utiliza el caudal que es suministrado por el grupo generador, y además otros elementos auxiliares para controlar los picos de presión posee el drenado que ayuda a descargar lo que no es utilizado a cada revolución.

Tabla V. Diagramas de los componentes y su simbología

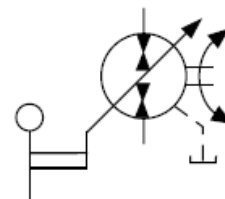
Tipo y clasificación de simbología	Tipo de simbología
Simbología de motor hidráulico con drenado	 <p>The diagram shows a circular hydraulic motor symbol with two ports on the left and a vertical line on the right. A dashed line extends from the bottom of the circle to a T-shaped symbol representing a drain.</p>
Motor hidráulico con un sentido de flujo y desplazamiento variable.	 <p>The diagram shows a circular hydraulic motor symbol with a diagonal line from the top-left to the bottom-right. It has two ports on the left and a vertical line on the right. A dashed line extends from the bottom of the circle to a T-shaped symbol representing a drain. Three curved arrows on the right side indicate variable displacement.</p>

Continuación de la tabla V.

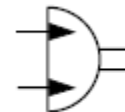
Bomba-motor hidráulico con un sentido de flujo y desplazamiento fijo.



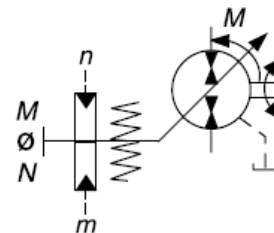
Bomba-motor hidráulico con dos sentidos de flujo, desplazamiento variable, accionamiento muscular y drenaje externo.



Oscilador con ángulo de giro limitado y dos sentidos de rotación.



Bomba-motor variable con dos sentidos de rotación, muelle centralizador para desplazamiento nulo, pilotado externamente con drenaje (la señal de presión n provoca el desplazamiento en el sentido N).



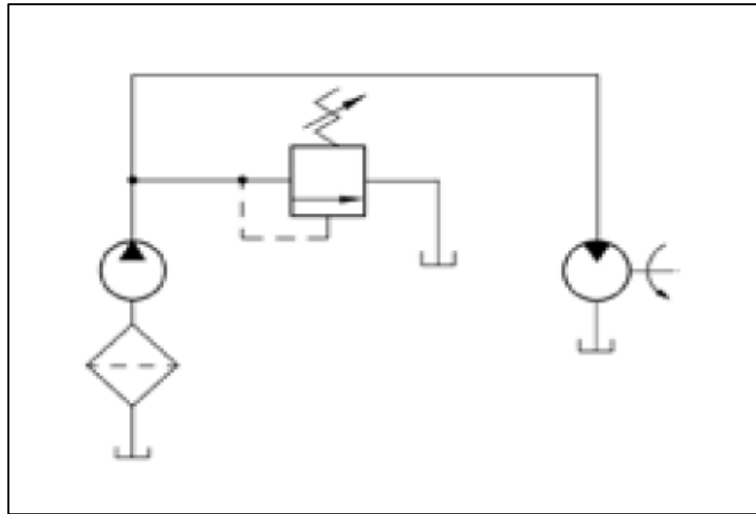
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Una de las mayores preocupaciones con respecto a los circuitos de motor es el control de la carga conectada al eje del motor. Una válvula de compensación diferencial impedirá que la carga escape del control y también permitirá que el motor desarrolle un torque total.

Varios tipos de bombas y motores pueden ser combinados para que puedan satisfacer las exigencias de sistemas diferentes. Una bomba de desplazamiento constante usada con un motor de desplazamiento fijo resulta en

potencia hidráulica fija desarrollada por la bombear. El torque y la velocidad del eje son constantes motor.

Figura 4. **Diagrama de conexión de bomba y motor**

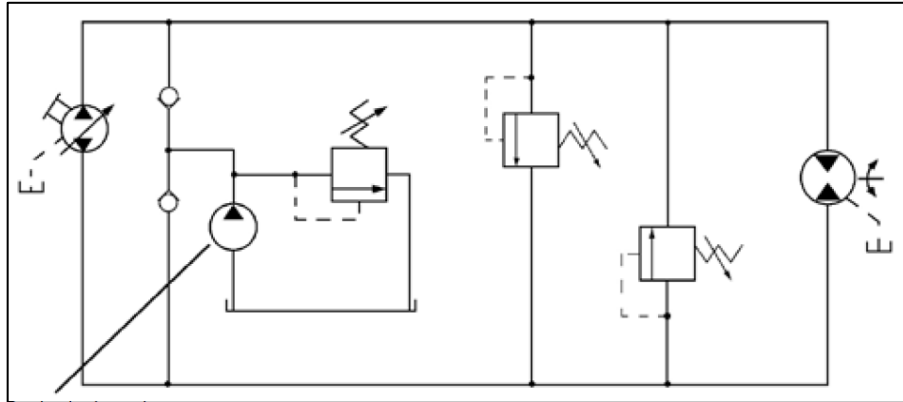


Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

En la terminología común, cada vez que una bomba de desplazamiento variable o un motor se utilizan en un el circuito motorbomba, el sistema se clasifica como de transmisión hidrostática. En una transmisión hidrostática de circuito cerrado, como la ilustrada, una bomba de desplazamiento variable puede variar la velocidad del eje del motor, así como revertir la rotación del eje.

En sistemas de circuito cerrado de esta naturaleza, una bomba pequeña, conocida como bomba de reabastecimiento, se utiliza para reponer cualquier fuga que ocurra en el sistema.

Figura 5. **Diagrama de circuito cerrado**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Las transmisiones hidrostáticas de circuito cerrado son sistemas compactos. Esto es porque el depósito es pequeño, y porque los controladores de flujo y las válvulas direccionales no son necesarias para revertir o controlar la tasa de rotación del eje.

1.4.3. Reductores de velocidad

Con frecuencia se requiere de equipos, cuya función sea variar las revoluciones por minuto de entrada, entregando a la salida distintas revoluciones por minuto, sin sacrificar demasiado la potencia. Existen distintos tipos de elementos de máquinas con los cuales podemos reducir o aumentar las revoluciones por minuto de entrada o salida de una cadena cinemática.

El reductor de velocidad está accionado por un motor eléctrico con una velocidad de entrada, que precisa una relación de transmisión y un par a la salida. La función del reductor de velocidad es la de proporcionar el par necesario a la salida para el accionamiento de maquinaria industrial de precisión y reducir la

velocidad de giro que proporciona el motor eléctrico o hidráulicos que acciona el sistema, con la menor pérdida de potencia.

Figura 6. **Elementos de máquina para reducir velocidad**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Cada uno de estos tipos de transmisión tiene sus ventajas y desventajas, pueden llegar a ser de altas revoluciones o no, sin embargo, el lograr obtener diferencias entre las revoluciones de entrada y de salida es un poco complicado debido a la construcción de los elementos.

El objetivo que debe de cumplir el reductor de velocidad se debe a dos razones fundamentales: aumentar el par de entrada en la máquina industrial en la que se alojará, o lo que es lo mismo aumentar el par de salida del reductor. Esto hace imposible el accionamiento directo del motor eléctrico o hidráulico a la máquina industrial ya que no proporciona el par necesario para su utilización, siendo necesaria la utilización del reductor de velocidad entre el motor y la máquina.

Tabla VI. **Factores técnicos a determinar para elección de los reductores precisos**

Tipo de factor	Descripción o análisis necesario
Torque o par máximo a la salida	Se conoce como la fuerza que ejerce un motor sobre el eje de transmisión. Así, el valor de fuerza mide la capacidad de giro de un objeto alrededor de un eje y permite valorar la capacidad de un motor para producir un trabajo. De esta manera, si sabemos que par necesitamos para mover la carga y a cuál es su velocidad de giro óptima, podemos calcular el motorreductor y la potencia del motor necesarias.
Velocidad o revoluciones por minuto	El trabajo de la caja reductora permite que la velocidad de entrada se regule, para que acabe emitiendo una velocidad de salida perfecta para la operación.
Potencia mecánica	Puede ser expresada en caballos de fuerza (HP) o KW; la potencia siempre aumenta sustancialmente cuando se incrementa la relación de reducción. Debemos considerar este hecho a la hora de elegir la potencia del motor. La dificultad en este punto es conseguir unos valores de transmisión uniformes.
Relación de reducción necesaria	La relación de reducción es fundamental porque condiciona la potencia de salida de la máquina. Un mal cálculo de esta relación puede provocar un exceso de potencia y un mal funcionamiento del motorreductor
Rendimiento mecánico	Mide la cantidad de trabajo mecánico útil entregado por una máquina por unidad de tiempo.

Continuación de la tabla VI.

Ventajas de emplear reductor	<ul style="list-style-type: none">• Relación de transmisión constante e independiente de la carga.• Buena regularidad de marcha, tanto en la velocidad como en la potencia transmitida.• Mayor seguridad en la transmisión.• Dimensiones reducidas para grandes relaciones de transmisión.• Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje.• Menor tiempo requerido para su instalación.• Seguridad de funcionamiento y larga duración, soportando sobrecargas.
Desventajas de emplear reductor	<ul style="list-style-type: none">• Mayores pérdidas de potencia que otros sistemas.• A grandes potencias se debe tener muy en cuenta la evacuación del calor del sistema.• Mayores costos de instalación y montaje con equipos de alto rendimiento.• Costo elevado de algunos equipos.• Ruido durante el funcionamiento.• Requieren un mantenimiento más dedicado en comparación de otros sistemas de transmisión, por ejemplo, control de temperatura, cambio del lubricante, detección de ruidos anormales, etc.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.4.3.1. Clasificación de los reductores de velocidad

Los reductores de velocidad varían en su funcionamiento de acuerdo al tipo de transmisión que se requiera, es decir si es lineal o esta puede llegar a cambiar de ángulo en su funcionamiento.

Tabla VII. **Clasificación de los reductores de velocidad**

Tipo de reductor	Descripción básica de funcionamiento
Reductor tornillo de tornillo sin fin	<p data-bbox="727 457 1404 653">El eje del motor y del reductor se sitúan a 90°. Cuenta con una corona dentada que está en contacto permanente con un husillo en forma de tornillo sin fin. Cada vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad.</p> <p data-bbox="727 688 1404 821">Se utiliza para árboles cruzados, con relaciones de transmisión de $i = 1$ a 100 por etapa, y rendimientos entre el 45 y el 97%, disminuyendo el rendimiento al aumentar la relación de transmisión.</p>
Reductor de engranajes cónicos	<div data-bbox="599 856 1026 1157" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="727 1161 1404 1392">El eje del motor y del reductor están a 90°. Transmisión con engranajes cónicos. La transmisión por este tipo de reductor se da entre dos engranajes cuya envolvente esta tallada a lo largo de una masa cónica, entre ambos engranajes forman una transmisión de 90°, utilizan el principio de ángulos complementarios.</p> <p data-bbox="727 1428 1404 1656">La forma dentada de este tipo de engranajes puede ser de dos formas, una es de forma recta y la otra en forma helicoidal. Presentando mayor ventaja el de forma helicoidal, siendo mejor transmisión, menos ruidosa y de mayor resistencia a altas revoluciones, así como menos desgaste en los perfiles de los dientes.</p>

Continuación de la tabla VII.



Reductor de ejes paralelos

Los motorreductores de ejes paralelos son un tipo de motorreductores de engranajes que se sirven de estos mismos para realizar la reducción de velocidad. Se denominan de ejes paralelos porque el eje del motor y del motorreductor están en planos paralelos. Precisamente esta disposición permite conseguir cajas reductoras muy planas, idóneas para aplicaciones donde existan limitaciones de espacio como, por ejemplo, agitadores para procesos de mezcla de líquidos.



Reductor de engranajes coaxiales

El eje del motor y del reductor se mantienen alineados. Utilizan engranajes rectos. Su eje de salida siempre es recto. Este tipo de reductores son más robustos y silenciosos, diseñados para un funcionamiento continuo y mínimo mantenimiento. Pueden ser de engranajes helicoidales, de dos y tres etapas de reducción.

Continuación de la tabla VII.



Reductor de engranajes planetarios

Se caracterizan por la disposición de hasta tres engranajes satélites que engranan con el central (sol) ofreciendo una reducción más uniforme y precisa. Una de sus principales características es la disposición de sus engranajes que se diferencia de la de otros modelos como los sinfín coronas o de engranajes rectos y helicoidales.

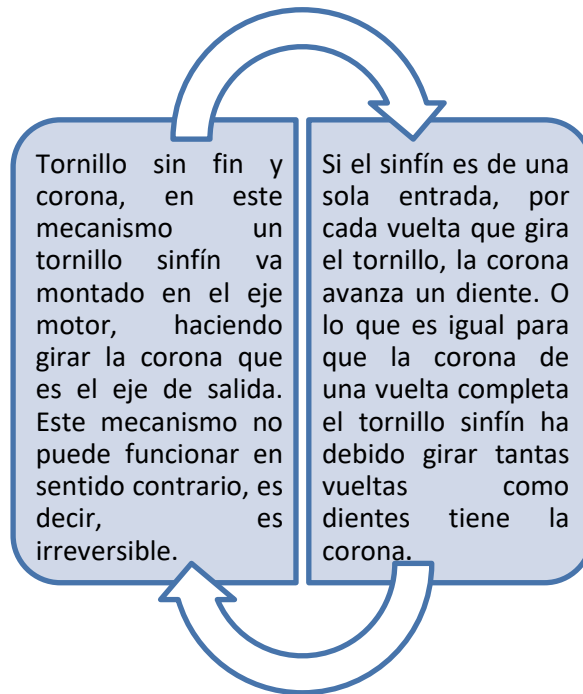


Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

1.4.3.2. Descripción del funcionamiento

Con este mecanismo, se consigue transmitir fuerza y movimiento entre dos ejes perpendiculares, con relaciones de transmisión muy elevadas. Mientras los tornillos de fuerza son generalmente de rosca simple, los tornillos sinfín tienen usualmente roscas múltiples. Al número de roscas de un tornillo sinfín se le llama número de entradas. Este valor determina la velocidad de giro de la corona de salida.

Figura 7. **Descripción del funcionamiento**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Figura 8. **Representación del funcionamiento de tornillo sinfín-corona**

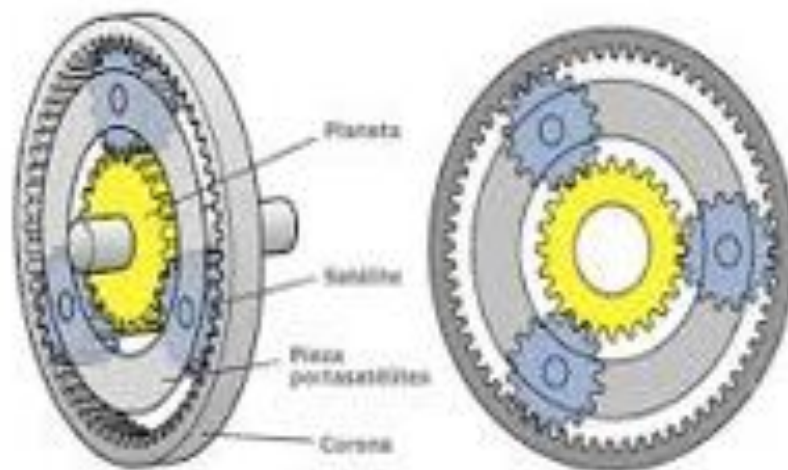


Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Cinco estados diferentes se encargan de proporcionar las condiciones para que se den los distintos estados de potencia, es así como se reconocen: el estado neutro, el estado de reducción o marcha, el estado de supermarcha, el estado de transmisión directa y el estado de inversa. Lo anterior nos lleva a la necesidad de dejar claridad respecto a las partes principales para que todo esto pueda tener lugar.

Una vez que el motor transmite su fuerza a este mecanismo, es cuando se facilitan los cambios de marcha, para ello es propio que el motor comparta algo de su fuerza con el engranaje central y así pueda desencadenarse el giro de la corona, el resultado no será otro que el poder disponer de un continuo cambio de marcha y el poder incluso ir hacia atrás manteniendo siempre el correspondiente control sobre la máquina.

Figura 9. **Diagrama de engranajes planetarios**



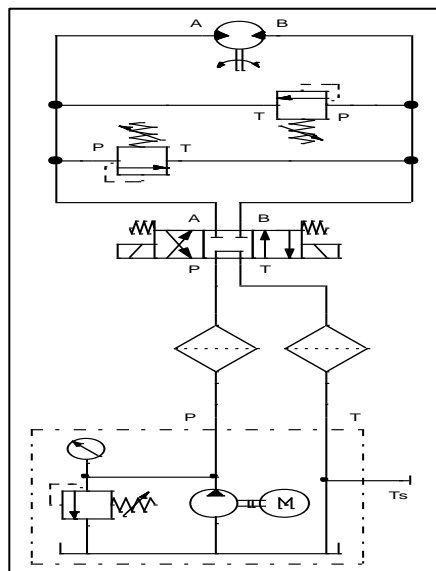
Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Los motorreductores de ejes paralelos, aplicaciones y ventajas de engranajes que se sirven de estos para poder realizar la reducción de velocidad. Son llamados de ejes paralelos puesto que el eje del motor y del motorreductor se encuentran en planos paralelos, y es por esto que podemos conseguir cajas reductoras considerablemente planas, las cuales resultan ideales para aquellas aplicaciones en las que existen ciertas limitaciones de espacio. Los motorreductores de ejes paralelos pueden utilizar engranajes doble helicoidales, cilíndricos de dientes helicoidales o cilíndricos de dientes rectos (que son los más utilizados de todos).

1.4.3.3. Diagrama de los componentes

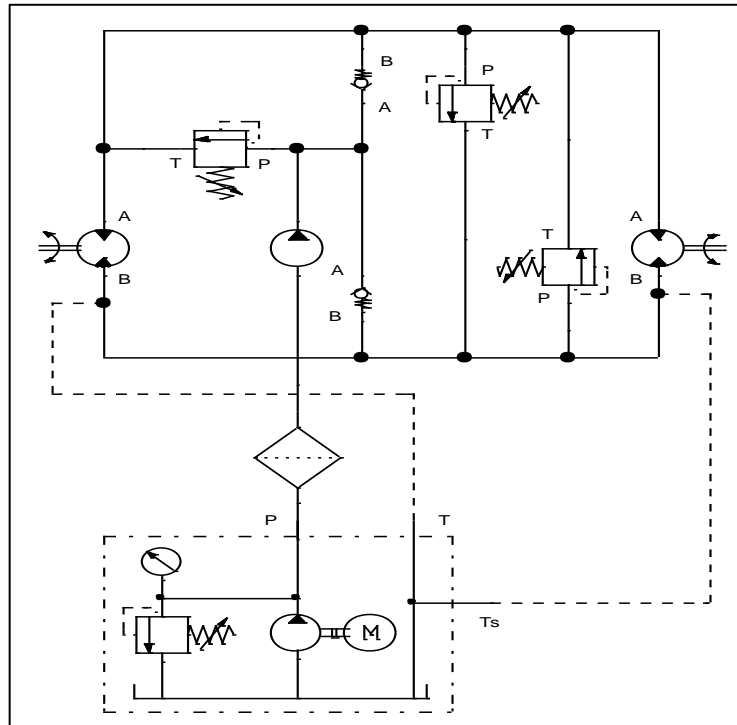
Existen diferentes combinaciones, según el fabricante y la función esperada.

Figura 10. Diagrama de circuito abierto



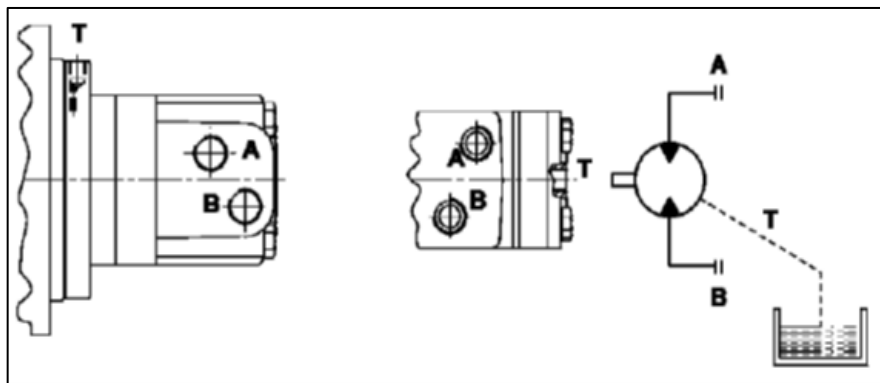
Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 11. Diagrama de circuito cerrado



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 12. Diagrama de conexión de drenaje



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

1.4.3.4. Tipos de aplicaciones de los reductores de velocidad

Las aplicaciones varían de acuerdo con la necesidad, sería imposible detallar el total de las aplicaciones posibles o de todos los diferentes tipos de reductores empleados en la industria guatemalteca.

Tabla VIII. **Aplicaciones principales de los reductores de velocidad por mayor índice de demanda y uso en la empresa**

Tipo de reductor	Descripción de la acción esperada
Tornillo sinfín-corona	<p>El tornillo sinfín-corona es considerado como el tipo de reductor más simple, de aquí que tenga múltiples aplicaciones tanto industriales como de carácter más cotidiano, en situaciones tan sencilla como las mancuernas de una guitarra, o las puertas de un elevador. Los pequeños motores eléctricos como los que habitualmente traen ciertos juguetes o como los que puedes encontrar en el taller de tecnología para los proyectos.</p> <p>El uso de este tipo de mecanismo permite también variar la dirección de los componentes o de los elementos que se desean reducir de velocidad, debido a que permiten cambios de velocidad a 90 grados, en bandas transportadoras es muy frecuente el uso de este tipo de elementos.</p>
Ejes paralelos	<p>Se aplican principalmente en dos casos, siendo uno de ellos el reductor para bomba peristáltica, con el fin de optimizar el rendimiento de las mismas, las cuales se encargan de dosificar y distribuir los productos fluidos sin alterarlos ni dañar las máquinas.</p> <p>Por otra parte, también se aplican en la extracción de producto en máquinas de vending ya que con esto se puede conseguir una solución idónea en la que se ofrece la potencia requerida para el espacio reducido.</p>

Continuación de la tabla VIII.

Engranajes planetarios	Debido a su característica de un menor nivel sonoro, y de los tamaños reducidos suelen utilizarse en lugares donde se realizan labores manuales o combinación con la manipulación de maquinaria. Máquina-Herramientas, que son operadas por personas además que requieren precisión en la manipulación de las maquinas por la naturaleza de su funcionamiento. Así mismo, para procesos automatizados, en líneas de producción, en la que los procesos de fabricación se realizan de esta manera, por ejemplo, máquinas de impresión máquinas de embalaje y etiquetado, angulares y lineales, máquinas de serigrafía, tampografía o de conversión.
------------------------	---

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

La empresa es demanda principalmente por estos tres tipos de reductores, los cuales presentan pedidos continuos, son adaptados en herramientas o equipos para industria de alimentos, equipos industriales de corte a presión, también para maquinas en talleres mecánicos.

La importancia de estos reductores radica en el costo beneficio de adquisición, además del conjunto de beneficios que puede otorgar a la empresa donde será instalado y puesto en uso.

2. SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Descripción de las operaciones de los molinos

Los molinos de caña tienen como fin el inicio del proceso de fabricación para la caña de azúcar. La caña proviene de plantaciones destinadas para el cultivo de la caña, se corta en el campo ya sea por un proceso manual o con maquinaria. Posterior al corte la caña es transportada en contenedores hacia los molinos donde iniciará su proceso de trituración de la caña y así, obtener el líquido que contienen y así procesarla a una temperatura determinada para obtener el grano de azúcar.

La caña es introducida a través, de transportadores que van cargado la caña hacia las tolvas de alimentación en forma continua, posterior a esto la caña va siendo triturada por las chuchillas de corte, que son accionadas por elementos mecánicos, estos elementos mecánicos son movidos a través de varios componentes, eléctricos, hidráulicos y mecánicos.

Un motor eléctrico de 200 HP acciona un motor hidráulico, para mover las cargas de la caña, un reductor es movido por otro motor eléctrico de 200 HP, el molino es un tándem que está compuesto por molinos en serie, para triturar poco a poco la caña, y este tándem de molinos está compuesto por 5 molinos que van haciendo el trabajo de la trituración hasta sacar el bagazo de la caña el cual se quemará en calderas para obtener vapor a partir de ello.

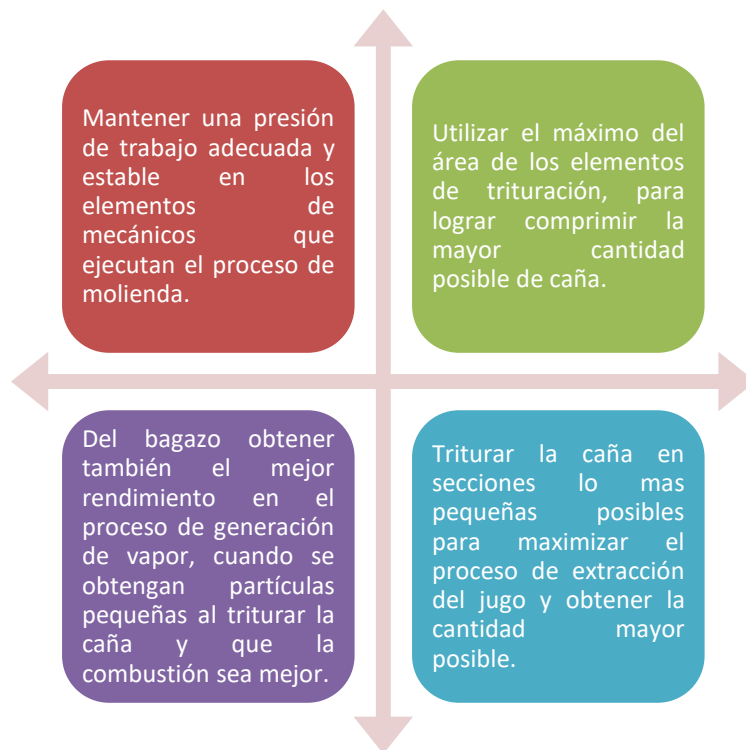
Para mover los molinos se emplean turbinas de vapor que son alimentadas por el bagazo de la caña que se quema, para reducir la velocidad de

las turbinas se utilizan reductores de velocidad, estos reductores mueven las masas que trituran la caña molida. Si las masas que mueven los reductores llegan a sufrir una falla mecánica, la producción se detendrá, y esto puede ocasionar pérdidas de producción.

2.1.1. Función de los molinos de caña

La razón principal del molino es triturar la caña de azúcar para extraer el jugo que será procesado para la producción de azúcar, sin embargo, es importante hacer mención de otras funciones muy importantes durante el proceso de producción, puesto que si estas funciones se logran cumplir el rendimiento no se será el adecuado afectando todo el proceso.

Figura 13. Funciones básicas del molino de caña



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

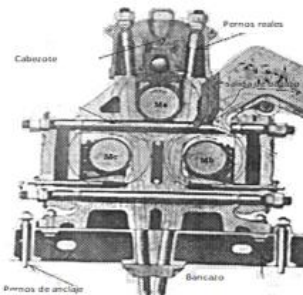
2.1.2. Tipos de molinos de caña

Actualmente se fabrican diversos tipos de molinos de caña, para efecto de estudio se hará relevancia particular en los tipos franceses, y estos se clasificarán de acuerdo a sus vírgenes y a la inclinación de sus cabezotes, sin embargo, cabe destacar que también pueden variar de acuerdo a la cantidad de masas que posea cada uno.

Es importante definir el termino de virgen dentro del contexto de un molino de caña; también son conocidas como cureñas o bastidores, estos elementos van a los laterales y soportan todos los elementos del molino, a través de pernos largos sujetan los rodillos que se encargan del proceso de moler la caña, posee también bisagras que se utilizan para ajustar las mazas interiores de acuerdo a la presión requerida o el espesor de la materia moler, el tamaño de estos elementos se calcula de acuerdo a las dimensiones del molino.

Tabla IX. Molinos de caña empleados en la empresa

Tipo de molino	Descripción del molino
Virgen con pernos reales y horizontales	Posee dos pernos bastante largos, que están superpuestos por encima del cilindro en forma vertical, tiene la función de soportar el levantamiento del cilindro superior, que se transmite desde los cabezotes a través del sistema hidráulico.



Continuación de la tabla IX.

Virgen tipo Squier	Creado sin el uso de los pernos verticales que ayudan a regular los cilindros de las masas, y así el esfuerzo lo recibe directamente los dos pasadores que están fijados en los cuerpos laterales. de este modo en el que se han podido suprimir los pernos verticales se ha logrado también diseñar sin el uso de los pernos horizontales que atraviesan la virgen desde un cabezote a otro.
--------------------	---

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Así mismo, como se dividen por el tipo de virgen también los molinos se pueden clasificar por el tipo de cabezote, los cabezotes son distintos debido que son inclinados en la parte superior, los cabezotes son tipo Five y tipo Cail. El grado de inclinación puede llegar a ser hasta de 15°, respecto a la vertical, esto con el fin de reforzar a los cilindros y colaborar al trabajo de los cilindros hidráulicos sobre las más de los molinos.

2.1.3. Proceso de carga a los molinos

Antes de realizar la carga del producto hacia los molinos se transporta la caña hacia los patios de caña que es donde llega la caña después de ser cosechada, es transportada en remolques que la contienen ya cortada, en ocasiones la caña se prepara en fardos para ser llevada y pesada. La caña se pesa para llevar el control de lo molido, en ocasiones se pesa contendor antes y después de la descarga para obtener la carga neta que es entregada, es pesaje sirve para obtener así los datos de volumen procesado y cosechado durante la producción.

Cuando la caña es cortada en forma manual, los tallos resultan ser más grandes y cuando se hace el corte con maquinaria, los cortes son más finos, así

la descarga de los contenedores resulta más difícil debido a que resulta ser más complicada la sujeción de los tallos cortados.

Después de ser transportada hacia los patios de caña, ésta es descargada a través de grúas de hilo, posteriormente se descarga sobre bandas transportadoras que conducirán la caña hacia los molinos, elevándola a través de este medio transporte interno dentro del ingenio, estos medios de transporte son llamados también como, conductores transversales, el ancho de este conductor es generalmente del mismo ancho que el de las masas del molino, estos conductores por lo general utilizan un sistema de cadenas de paso grande, normalmente se usan cadenas con rodillos para reducir la fricción, debido a que tienen que soportar altas cargas.

En toda nueva instalación se da preferencia a los sistemas de banda siempre que la disposición física permita acomodarlas, esto por razones de mantenimiento. Las bandas pueden utilizarse en toda aplicación de conductores de caña. Estas han sido utilizadas en varios casos donde los conductores de tablillas eran la norma, es decir debajo de las mesas alimentadoras, manipulando caña en conductores lentos de pared plana a profundidades de hasta 2 m.

La caña pasa por picadoras que se encargan de reducir el tamaño de los cortes de caña, para que posteriormente pasen hacia los molinos, la carga hacia los molinos se hace de manera automatizada por medio de las bandas transportadoras, de este modo la alimentación hacia los molinos es de modo constante, y se hace 24 horas al día de este modo los molinos trabajan continuamente extrayendo el jugo y enviando el bagazo hacia las calderas.

2.1.3.1. Volumen de carga

El proceso de molienda se hace 24 horas al día de modo continuo, la carga se hace hacia los molinos a través de bandas transportadoras, antes de llegar hacia los molinos pasa por picadoras de tallos, de tal modo que facilite el trabajo de la extracción del jugo, la disposición de los tallos picados variara en la densidad de la caña, medida de acuerdo a la forma en la que quede colocada. En la tabla X se puede observar que como varía la densidad respecto al orden en el que ingresen los tallos de caña.

Tabla X. **Densidad de la caña respecto a su clasificación**

Clasificación de la caña	Densidad en kg/m³
Tallos de caña entera desordenados	150
Tallos de caña entera alineados en paralelo	175-225
Caña trozada en conductor	350-400
Caña preparada luego de picadora	300-400

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Se estima que los molinos llegan a procesar diariamente una cantidad aproximada a las 20,000 toneladas de tallos de caña de azúcar, el volumen de producción llega a variar por varios factores a considerar.

Otro factor que puede llegar hacer variar estos niveles en tonelada de caña es la densidad del tallo de caña, después de pasar por la picadora, cuando el tallo pasa ordenado en paralelo, de acuerdo a la tabla X, se puede observar que la densidad será mayor, permitiendo así que el volumen aumente al llegar a los molinos.

2.1.4. Proceso de molienda

La caña será sometida al aplastamiento y molienda de la misma para extraer la sacarosa de la caña, y separarla del jugo que la caña posee, debido a que los tallos de caña están constituidos principalmente por fibra, el porcentaje de sacarosa que se extrae de la caña es igual al porcentaje del jugo de caña que se extrae durante la molienda.

Además, se realiza a presiones altas (2000 psi – 2500 psi), utilizando para ello la fuerza hidráulica y la potencia de los motores eléctricos que mueven las masas para extraer el jugo de la caña, cuando la caña ha sido exprimida lo restante se llama bagazo, que es la fibra de la caña ya sin jugo.

Tabla XI. **Componentes del jugo de caña**

Tipo de componente	Descripción
Fibra	Fibra vegetal y materia insoluble que no es fibrosa, pero está incluida en el análisis de caña y bagazo, a veces es medida como cenizas.
Sólidos disueltos (Brix)	Materia en caña soluble en agua, la sacarosa usualmente se mide en forma aproximada como polarización. La no-sacarosa, es reconocido como el otro material soluble que se encuentra soluble, denominado también como no-azúcares.
Agua	Es el líquido disponible donde la sacarosa y no-sacaros esta disuelto. Agua libre de Brix, se encuentra ligada a la estructura celulósica de la caña, no se encuentra disponible como solvente.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Para la década actual, en algunas instalaciones se incursionó en la colocación de molinos de seis mazas para aumentar su capacidad de molienda. En otros casos por la instalación de un segundo o tercer línea (tándem) de molinos, ya con la electrificación en molinos o turbinas eficientes y transmisiones hidrostáticas, el monitoreo y control ya es parte integral del sistema de control distribuido, en el que se logra visualizar la operación y monitoreo de los ítems energéticos como una nueva herramienta para la mejora continua de los procesos.

2.1.5. Análisis de la producción

Es una actividad industrial de magnitud considerable en Guatemala, en uno de los sectores agrícolas con mayor tasa de producción, que afecta y beneficia a un gran sector de trabajadores en el país, es importante destacar varios factores que pueden influir directamente en la producción de la caña.

Tabla XII. **Factores que intervienen en el proceso de producción de la caña**

Tipo de factor	Descripción del análisis
Humano	<p>El manejo que los trabajadores dediquen a las plantaciones se ve reflejado directamente en los resultados de las plantaciones, la dedicación que los trabajadores dediquen a la siembra y al cultivo reincide en el tiempo que la caña crezca y alcance el punto adecuado de corte, cuando no existen correctas prácticas de manejo, o de corte se ve afectada la producción.</p> <p>Una situación que llega afectar es cuando llega el tiempo de corte, puesto que el rendimiento de los trabajadores afecta el volumen de corte, por el ritmo de corte y es que se debe a que el cansancio a medida que pasa el tiempo afecta a los trabajadores y cuando el corte se hace con maquinaria también deja algunas limitantes, debido a que el corte no se logra hacer lo más pegado al suelo, y algunos trabajadores deben pasar quitando estos tallos que no son cortados.</p>

Continuación de la tabla XII.

Ambiental	<p>La caña es un cultivo tropical de larga duración, por lo que es factible que se desarrolle en cualquier época del año. Los componentes del clima que afectan de manera más significativa el crecimiento y desarrollo del cultivo son la humedad del suelo, la luminosidad y temperatura.</p> <p>Un ambiente soleado y caluroso prolongado, con alta incidencia de radiación solar y adecuada precipitación son condiciones propicias para un excelente crecimiento de la caña de azúcar.</p>
Edáficos	<ul style="list-style-type: none">• El cultivo de caña o de cualquier otro producto agrícola, tiende a afectar el estado del suelo, debido que sufre desgaste, y por lo general con el paso del tiempo la calidad del cultivo se ve afectada. Realizar acciones que ayuden a preservar el suelo de este desgaste es también una acción que conlleva inversión de tiempo y recursos, tanto humanos como financieros y productos que ayuden a mejorar las condiciones del suelo, con el objeto de preservar la calidad de la caña.• Otro efecto que influye en estos factores es la cantidad de agua que permanece o se pierde en el suelo, de este modo la humedad del suelo afecta el crecimiento, desarrollo y cultivo de la caña, que repercute en el momento de la cosecha.• Las características de crecimiento de la caña de azúcar hacen que tenga requerimientos hídricos mayores a la mayoría de los cultivos, aunque a la vez es resistente a la sequía. Entre 50% y 70% de las raíces se distribuye en los primeros 30 cm de profundidad, por lo que es la zona donde mayor intensidad de absorción ocurre (de agua y nutrientes)
Agronómicos	<p>Las variables que influyen sobre la calidad y rendimiento del cultivo pueden modificarse hasta cierto punto mediante prácticas de manejo que se hayan generado, adaptado o adoptado a las condiciones específicas para el sitio de interés, entre ellas destacan el uso de variedades mejoradas, métodos de manejo del agua ya sea de riego o para conservar la humedad en secano (temporal), control fitosanitario (plagas, enfermedades y malezas), labranza, uso de insumos (químicos u orgánicos), fertilización, entre otros.</p>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

2.1.6. Diagrama de flujo

El proceso de fabricación de caña de azúcar inicia desde la recolección, proceso que como ya se ha mencionado puede ser manual o mecanizado, posteriormente la recolección y el transporte hacia los pesajes en las basculas, de allí pasan por las picadoras, y posteriormente hacia los molinos, el proceso continuo con el jugo de la caña hacia el decantador y sometido a temperaturas altas para cristalizar el jugo, de allí varían los procesos de acuerdo al grano que se obtendrá, clarificando y nutriendo la materia primas, hasta llegar al punto de empaque y distribución posterior.

2.2. Tiempo de producción

La producción de los molinos es de 24 horas diarias, quiere decir que cada momento que una sección de la empresa deja de laborar, se traduce en pérdidas, en improductividad, la producción de la caña también se hace por temporadas, cuando la caña ya está en su punto, para ser cortada, y luego procesada, para extraer la mayor cantidad de jugo posible, de lo contrario no se maximizaría la producción de azúcar si no está suficientemente madura.

2.2.1. La zafra

La caña de azúcar en Guatemala se cosecha en la época seca (verano), de noviembre a abril, aunque en algunos casos dependiendo de los volúmenes de producción puede extenderse hasta mediados de mayo. En la tabla XIII se presenta la duración del período de verano para cada uno de los cuatro estratos altitudinales definidos en la región, donde se observa que este período es variable desde cinco meses en el estrato alto hasta siete meses en las cercanías al mar (litoral).

Tabla XIII. **Período de verano según la altura sobre el nivel del mar**

Estrato	Época seca (verano)
Alto (300 msnm)	15 noviembre – 15 abril
Medio (100-300 msnm)	10 noviembre – 20 abril
Bajo (40-100 msnm)	31 octubre – 15 mayo
Litoral (0-40 msnm)	25 octubre – 25 mayo

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

La zafra en otras palabras es el tiempo en el que se cosecha la caña de azúcar, esta se corta para ser transportada hacia los patios de caña y luego molida, en la zafra intervienen operarios de maquinaria y los cortadores de caña, el proceso dura aproximadamente 3 meses, pero se puede dividir en tercios, el primero es en noviembre y diciembre y se caracteriza por ser el de mayor productividad.

2.2.2. Tiempo de producción de los molinos

Los molinos forman la línea principal del proceso de producción del azúcar de caña, debido que son los encargados de extraer el jugo de la caña de azúcar y de obtener el bagazo para las calderas, su tiempo de producción se basa en la cantidad de horas que se mantiene procesando la caña proveniente de las tolvas de alimentación, durante el año se programan tiempos de mantenimiento, al finalizar la zafra, para ayudar a mantener en buenas condiciones de trabajo los equipos, generalmente producen 24 horas, pero los tiempo de paro no programados, reducen estos tiempos semanalmente, lo cual puede llegar a promediar 14 a 21 horas a la semana, de este modo los molinos trabajan continuamente.

2.2.3. Tiempo de paro

El tiempo de paro se define como el tiempo que no labora la maquinaria, debido fallas de emergencia, es decir los tiempos de paro se deben a los tiempos de paros no programados, como ya se ha dicho anteriormente, trabajan 24 horas al día, cada paro no programado representa pérdidas considerables en los equipos, el costo hora de producción de tiene un costo aproximado de 3 mil dólares por cada de paro, lo que representa un costo bastante alto.

El tiempo estándar que la línea pasa detenida es de un máximo de siete horas, por lo que es importante llegar a reducir estos tiempos no programados aumentando la confiabilidad mecánica de los equipos.

2.3. Materia prima

Se definirá como materia prima, al tallo de caña de azúcar puesto que es el estudio está basado en los molinos, y no en la producción total de la caña de azúcar, los molinos por lo tanto se encargan solo de triturar la caña y extraer el jugo el proceso de la producción se realizara en líneas siguientes del proceso, así como, agregar los elementos que hacen el azúcar como tal, y de igual modo los elementos que ayudan a procesar los jugos de caña, para enriquecerla o aclararla según el tipo de producto final que se desee obtener.

2.3.1. Recolección de la materia prima

La recolección de la materia prima se refiere al corte como tal de la caña de azúcar, es un proceso que incluye a personas de diversos niveles y con diversas responsabilidades además de ser una fuente de trabajo, incluye también una organización bastante adecuada, puesto que se debe de organizar a los

cortadores, al personal que la transporta, el personal que se encarga de operar la maquinaria de recolección y el personal que también se encarga de recogerla y llevarla hacia los contenedores de carga y transporte hacia los patios de caña.

La recolección es una acción muy importante pues se debe también determinar y escoger el tiempo adecuado para realizarlo, tomando en cuenta que debe estar madura, para realizarlo se hace previamente una quema y después el corte, si no se controlan estos tiempos adecuadamente se corre el riesgo de no contar con caña fresca en los ingenios, también se debe hacer en menos de 24 horas para garantizar la continuidad del proceso de fabricación.

2.3.2. Corte de la materia prima

La cosecha de la caña es una actividad agrícola muy importante, las personas que residen en las cercanías de los ingenios, sin embargo, también ocasiona movimiento de trabajadores desde el interior de país hacia los sitios de cosecha durante el período de la zafra, sobre todo cuando el corte se hace de forma manual.

Los cortadores provienen de dos grupos; los acampamentados (no locales) que vienen de los departamentos de Quiché, Baja Verapaz y Chiquimula. Estos son atendidos en complejos habitacionales, donde se les proporciona hospedaje, alimentación y otros servicios. El segundo grupo son los voluntarios (locales) que provienen de las poblaciones cercanas a los ingenios, a éstos se les brinda el transporte y bebidas para la hidratación. La proporción entre estos dos grupos varía desde un 50 a 70 % para los acampamentados y el resto de los voluntarios, dependiendo del ingenio.

2.3.2.1. Corte manual

El corte manual después de la quema es realizado con herramientas manuales por los cortadores, que van cortan desde la parte más baja de los tallos, el corte se realiza y se va apilando para ser transportado posteriormente, a esta manera de apilar se conoce con el nombre de chorra, y se puede realizar de dos formas; como continua y discontinua, cada una presenta sus ventajas y desventajas.

Tabla XIV. **Técnicas empleadas para corte manual**

Técnica	Descripción
Chorra continua	Algunas de las ventajas que presenta esta manera de cortar la caña es mayor eficiencia para el cortador, así como para el transporte por toneladas al día, menor costo por tonelada cortada y menor costo para el transporte hacia el ingenio. Dentro de las desventajas que presenta es que, por ser continua acumula más cantidad de “trash” la cual lleva piedras, sobre todo y afecta el funcionamiento de los molinos, ocasionando fallas durante el proceso de molienda.
Chorra discontinua	Esta segunda modalidad para el proceso de corte consiste básicamente en chorras más pequeñas aproximadamente de 1 a 1.5 metros de largo cada una, dentro de las ventajas que se pueden mencionar es que hay menos acumulación de minerales como son tierra y piedras, esto ocasiona también un mejor rendimiento de los equipos de fábrica ya que se logra reducir las averías ocasionadas por estos minerales, y se logra una mayor recuperación de azúcar, conservando también las cepas de la caña.

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

2.3.2.2. Corte mecanizado

Se realiza con el uso de maquinaria semiautomatizada, utiliza por operarios, sin embargo la cantidad de cortadores para este tipo de corte se reduce considerablemente, por lo general se utiliza este método de corte de caña cuando hay baja cantidad de operadores, para este proceso la cortadora realiza el corte de los tallos de caña mientras se va conduciendo por las plantaciones, estas máquinas están dotadas con alta tecnología y cuentan con dos extractores, un primario y el secundario, los cuales extraen la hoja o cualquier tipo de basura si así fuera, de modo que no se realiza la quema de la caña como cuando el corte se realiza de forma manual, después de ser cortada los trozos son llevados por su elevador y la carga va directamente a los autovolteo que son los contenedores que se utilizan por las plantaciones para recolectar la caña mientras se va cortando.

Figura 14. Corte mecanizado



Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

2.4. Falla en los equipos

Las fallas a analizar serán las fallas que suelen presentarse en los equipos que se someterán a prueba aplicando la nano tecnología, se debe de considerar que las fallas tienen un efecto directo en la producción del azúcar y sobre todo directamente el proceso de molienda de los equipos, es por ello que se analizaran en la presente sección, la reducción de estas fallas permitirá ayudar a incrementar la productividad de los equipos y que la producción sea más continua de acuerdo a la demanda.

2.4.1. Clasificación de las fallas

Estas fallas generalmente se dan por que el proceso de limpieza de la caña y la separación de los materiales no fue del todo adecuada, por ejemplo, antes de llegar a los transportadores de banda se limpia y se corta, durante el proceso de corte puede ocurrir que algunos materiales solidos como piedras queden sueltos y se deslicen entre la caña procesar, cuando llegan a los molinos y deben de pasar entre las masas, en ocasiones ocasionan que se atoren entre las masas, y generando una presión elevada más allá de la presión estandarizada o fuera de la capacidad de los sellos de los componentes hidráulicos.

Tabla XV. **Clasificación de fallas**

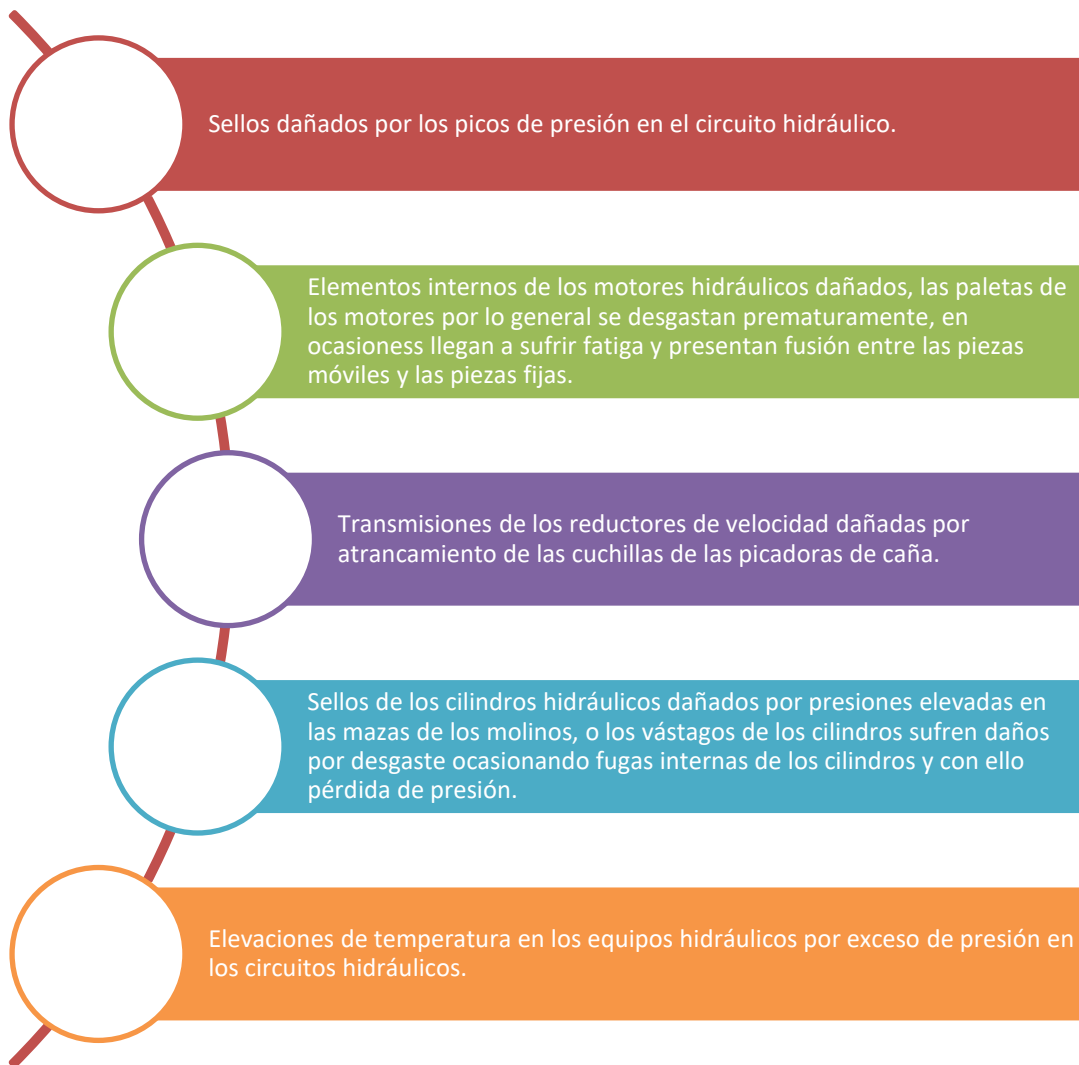
Origen de la falla	Descripción de la falla
Falla ocasionada por el mal rendimiento de los equipos	<p>Estas fallas por lo general ocurren dentro de los equipos, si bien es sabido, en muchas ocasiones dependen del proceso de molienda, es decir son ocasionadas por el contenido de la caña, pero se dan directamente en los equipos hidráulicos de los molinos.</p> <p>Dentro de estas fallas se puede destacar que los picos de presión sobrepasan la presión estándar o la presión de trabajo nominal de los equipos, la presión establecida en los equipos esta en valor de 220 bar la presión alcanzar los valores más elevados cuando está en reposo el sistema, o bien cuando existe una obstrucción o una resistencia al flujo de aceite hidráulico. Cuando el flujo encuentra una obstrucción eleva la presión y llega alcanzar picos de presión de hasta 275 bar.</p> <p>Otra de las fallas presentadas en este tipo de elementos, son las fallas en los reductores, los reductores tienen la función de transmitir fuerza y velocidad, internamente están contruidos por trenes de engranajes, y pueden llegar a sufrir sobrecalentamientos, la transmisión entre una rueda dentada y otra es de contacto directo y el rozamiento llega a ocasionar desgaste en los dientes de las ruedas, estos llegan a sufrir fisuras o roturas de los dientes y ocasionar algún tipo de atrancamiento en los elementos por sobre esfuerzo del equipo.</p>
Falla ocasionada por mal manejo o inspección de los equipos	<p>Este tipo de falla se atribuye principalmente a factores humanos, es decir el personal de mantenimiento llega a descuidar algún equipo, o realiza una inspección muy superficial, dejando acciones no realizadas a cabalidad, o se realiza a fuera de tiempo, una mala inspección del nivel de aceite de los equipos generadores de flujo, puede repercutir con graves consecuencias en los equipos, así mismo una mala lubricación de los elementos móviles del equipo ocasiona también que la temperatura se eleve y el desgaste sea acelerado ocasionando fatigas prematuras en los equipos.</p>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

2.4.2. Tipos de fallas más comunes

De acuerdo a los reportes del personal a cargo del mantenimiento, Las fallas más comunes en los equipos hidráulicos son las fallas que ocasionan que la presión se eleve demasiado, a un rango fuera de lo normal.

Figura 15. **Reporte de fallas comunes**



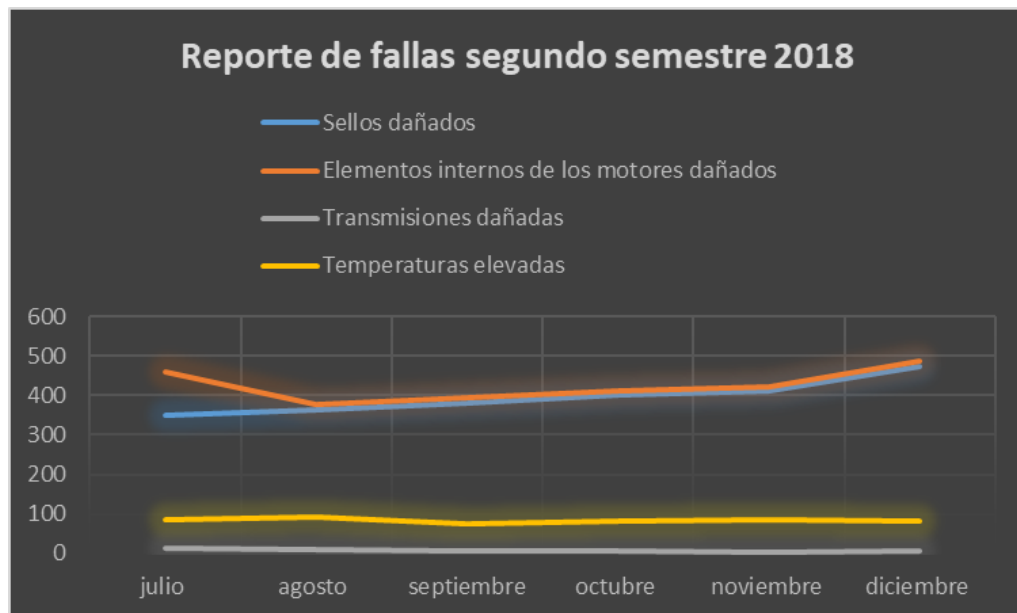
Fuente: empresa elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XVI. **Reporte de fallas segundo semestre 2018**

Reporte de fallas del segundo semestre 2018							
Tipo de falla reportada	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	
Sellos dañados	350	365	380	400	410	475	
Elementos internos de los motores dañados	460	378	393	413	423	488	
Transmisiones dañadas	12	8	6	4	3	6	
Temperaturas elevadas	85	90	75	80	85	80	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Figura 16. **Control de fallas del segundo semestre 2018**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

2.4.3. Causas

Las causas de las fallas presentadas anteriormente son ocasionadas por diversas razones, es importante recordar que el equipo trabaja continuamente y un paro no programado es causa de pérdidas considerables en producción. Las grandes cantidades de caña que se suministran continuamente a los molinos, medidas en toneladas por metro cuadrado forman parte de las principales causas de las fallas de los equipos, la exigencia del mercado de producción de azúcar motiva que la producción sea continua y de acuerdo al volumen de la cosecha también varía la cantidad de toneladas de caña molidas diariamente.

Esto ocasiona que el volumen de caña procesado sea mayor utilizando la misma potencia hidráulica del equipo, en ocasiones el personal logra detectar que el rendimiento de molienda ha descendido y una solución que han encontrado es aumentar la presión de trabajo de los equipos para obligar a trabajar al mismo ritmo las mazas de los molinos.

Elevar la presión de trabajo ocasiona que los sellos de los motores, fallen antes de tiempo pues las condiciones de trabajo superan las condiciones normales a las que pueden y deben de trabajar para hacerlo eficientemente, de este modo el equipo está siendo exigido a cumplir con un volumen mayor de productividad bajo cargas de mismas condiciones o valores, que no permiten el máximo rendimiento deseado.

2.4.4. Acciones para solucionar fallas

La falla de los equipos implica pérdidas considerables para la empresa, el personal de mantenimiento está obligado a solucionarlas lo más pronto posible, de una manera eficiente y sin mayores contratiempos, debido a que el equipo

debe estar en óptimas condiciones para evitar fallas mayores y con ello agravará las consecuencias que puedan ocasionar pérdidas mayores de los equipos.

Dentro de las principales acciones correctivas esta, tener un *stock* de equipos con las mismas características que los que actualmente están funcionando, esto se hace para buscar reducir el tiempo de paro e incrementar la eficiencia del equipo en cuanto a su tiempo de producción se refiere, por ejemplo, cambiar los motores hidráulicos, algunos motores de acuerdo a su construcción como lo son los de engranajes son desechables el costo de cambiar las piezas es demasiado alto y es más factible realizar el cambio del elemento completo.

2.4.5. Factores que afectan la producción

La producción de los molinos puede verse influenciada por diversos factores, en el presente apartado podemos mencionar las más influyentes para el proceso de molienda. Estos factores pueden ser de tres tipos; humanos, ambientales y mecánicos.

Tabla XVII. **Factores que afectan la producción**

Tipo de factor	Descripción
Humanos	Se refieren principalmente al mal manejo de los equipos, incluyendo también un mal control del mantenimiento, cuando el equipo opera en presiones normales (presión de 220 bar), las cargas a las que son sometidas son por lo general variables, de acuerdo al volumen de carga, los operarios o personal de mantenimiento monitorea esta acción, cuando observan que el trabajo del molino baja su rendimiento, deciden aumentar la presión desde la válvula limitadora de presión, en ocasiones esto crea un pico de presión que no soporta el equipo y falla, lo que motiva a realizar un paro y detener la producción.

Continuación de la tabla XVII.

Ambientales	Se refieren a al clima, o a las condiciones en las que se realiza la cosecha de la caña de azúcar, el clima afecta también, la calidad de la cosecha, en cuanto a su desarrollo y proceso de maduración, por lo general también puede afectar las condiciones climáticas durante la zafra, afectando a los cortadores y bajando el ritmo y eficiencia del corte, así también, si el desarrollo de la caña no es el adecuado la cantidad de producción de azúcar puede verse afectada, debido a que el volumen de corte medidos en toneladas, afecta directamente al producto final.
Mecánico mantenimiento	de No se apegan a los protocolos de revisión en los equipos asignados, incumplen las tareas asignadas, exponiendo así al equipo las líneas y etapas de procesamiento de la caña.
Supervisores mantenimiento	de Los supervisores no pueden cubrir toda el área útil para la recepción, corte, trituración y machacado de caño, se deberán plantear medidas correctivas inmediatas.
Mecánicos	Se refiere principalmente a las fallas que los equipos sufren durante el trabajo, por ejemplo, los sellos hidráulicos de los cilindros, ocasionan fugas internas y con ello perdida de presión, los trenes de engranajes estas sometidas a trabajo continuo, la fuerza transmitida entre uno y otro ocasiona que la temperatura se eleve como resultado de la fricción, con ello es desgaste de la piezas se acelera y ocasiones ocurre una rotura de los elementos, las cargas elevadas en los conductores de cañas o en las picadoras y en los molinos generan también un exceso de presión, derivado de esto los sellos de los motores hidráulicos pueden fallar, en el mejor de los casos se dañan solamente los sellos, en otras instancias el daño lo sufren los elementos internos impidiendo que siga revolucionando y atorando los elementos móviles que desplazan por cada giro que dan.

Fuente: elaboración propia, realizando con Microsoft Word.

2.5. Productividad de los molinos

La productividad es la relación entre producción e insumo, los molinos tienen una tasa de molienda promedio de 20000 toneladas diarias de caña, esta eficiencia puede variar de acuerdo a los factores que impidan que la cantidad total que ingresa a los molinos por día, sea molida por completo sin faltas o sin interrupciones de cualquier tipo, el objetivo de medir la productividad es controlar o comparar que tanto se produce o consume en comparación de lo invertido, en tiempo o en insumos o en algunos casos en energía consumida. Una ecuación muy útil para calcular se da al dividir lo producido, dentro de lo utilizado para producir.

Ecuación 1

$$Productividad = \frac{Producido}{Insumos}$$

2.5.1. Consumo energético

Se dispone de equipo hidráulico por cada tándem, este a su vez se compone por un grupo de 5 molinos, necesarios para generar el flujo de caña, para mover estas partes se necesita un motor de 200hp, se hace uso de reductores para generar potencia a velocidad constante, según los datos proporcionados por la empresa, se obtuvieron otro conjunto de datos que representan la cantidad de kw consumidos por los equipos, establecido un rango de 1,491.4 kw generando consumo aproximado de 1,073,808 kwh al mes.

El costo aproximado mensual es de Q 232,000.00, cuando la potencia se eleva es debido a los sobre esfuerzos que los reductores hidráulicos reciben, se evalúa que los picos de presión en los tándems provocan mayor consumo

energético, esto provoca el incremento en kw y por lo tanto en costos, llegando aproximadamente a Q 285,000.00, con estos datos se determina que el valor de productividad llega a ser aproximadamente de 64 % con respecto al consumo energético.

2.5.2. Volumen de molienda

La cantidad diaria promedio del equipo es de 20 000 toneladas cubicas de caña, durante la semana se tienen estimados alrededor de dos paros no programados, y el tiempo estándar de cada paro programado es de 7 horas, lo que da un promedio 56 horas semanales que no se producen. De este modo podemos tener una productividad de 70 %, al final de cada mes, debido a la cantidad de paros que se realizan a causa de las fallas de los equipos.

2.5.3. Paros no programados

Los paros no programados llegan a representar el factor más importante de las bajas en la productividad de los molinos, el tiempo estándar que lleva un paro no programado es de 7 horas, por cada paro, con un promedio de 2 paros semanales se estima que 14 horas semanales el equipo es detenido, o bien un línea del tándem de molinos, el costo por hora detenida se estima en Q 2,400.00, de este modo se estima una productividad el 91.6 % de los molinos con un costo aproximado de Q 134,400.00 mensuales.

3. PROPUESTA PARA LA APLICACIÓN NANO TECNOLOGÍA DE ESTABILIZADOR DE ACEITE

3.1. Descripción del estabilizador

Se presenta una descripción de las características y funciones del estabilizador de aceite.

3.1.1. Funciones del estabilizador

Estabilizador de aceite formulado con nano partículas, ha sido diseñado para proteger los componentes vitales del motor contra el desgaste y la fricción. El uso del estabilizador de aceite disminuye las temperaturas del aceite hasta un 60 % más rápido que los lubricantes convencionales, disminuye la degradación de la viscosidad para mejorar la potencia y la presión del aceite.

- Características principales
 - Excelente protección contra la fricción y desgaste del motor
 - Protege el paquete de aditivos del Lubricante
 - Reduce la degradación de la viscosidad
 - Mejora la presión del aceite y reduce la temperatura
 - Compatible con aceites minerales y sintéticos
 - Reduce los niveles de producción de hollín
 - Cualidades anti-espuma para aumentar el rendimiento

- Beneficios
 - Extiende la vida útil del aceite y filtros hasta el Doble (100 %)
 - Mejora la Potencia (Caballos de fuerza)
 - Reduce los arranques en seco
 - Reduce los golpes al motor
 - 60 % más rápido en la reducción de la temperatura del aceite
 - Reducción de hasta un 68% del desgaste de los metales

3.1.2. Composición

La nanotecnología envuelve una nueva y amplia ciencia en donde diversos campos como la física, química, biología, ciencia de los materiales e ingeniería convergen en la nanoescala; involucrando el escaneo, medición, modelado y manipulación de la materia en esta escala.

La química clásica sintetiza moléculas que son usualmente inferiores a varios nm, mientras que la tecnología del estado sólido fabrica estructuras sin posicionamiento molecular que son usualmente mayores a 100 nm. Es por esto que la nanotecnología permite la tendencia de la miniaturización para continuar hasta que la escala atómica sea alcanzada, posiblemente con la ayuda de la estructuración química de nanoestructuras.

Algunas condiciones deseables del agente estabilizador son:

- Químicamente no reactivo con la nanopartícula, convirtiendo a una superficie nanoparticular no pasiva.

- Estructuralmente bien definido (forma/tamaño), permitiendo el control de la nanopartícula encapsulada.
- Compuesto por elementos ligeros (base orgánica), para que su estructura no interfiera con la caracterización de las nanopartículas. Esto también facilitará la ardua remoción de las nanopartículas por medio de la pirolisis relativamente a bajas temperaturas, si es que esta se requiere.
- Superficie modificable para permitir un ajuste de solubilidad e interacciones selectivas con estímulos externos. Además, para compensar el auto ensamblaje controlable de las nanopartículas arrastradas en una variedad de superficies a través de la absorción química, si se desea

3.1.3. Aplicaciones

Las aplicaciones de los estabilizadores de aceite es asegurar la clase de viscosidad hasta el siguiente cambio de aceite. Asegurar y estabilizar la película lubricante incluso con una carga extrema, proteger contra el desgaste y fugas de aceite.

Algunos de los usos y aplicaciones más frecuentes pueden ser:

- Motores que pueden sufrir altos niveles de calentamiento, debido al esfuerzo elevado y trabajo constante.
- Motores que funcionan con Diesel, puesto que sus mecanismos están más expuestos al desgaste, y a esfuerzos de mayor intensidad en comparación con los motores a base de gasolina.

- Motores con arranque de combustible Gasolina, estos pueden ser de uso común o cotidiano, sin embargo, se recomiendan para aquellos que son sometidos a trabajo más fuerte o bien a recorridos largos, en algunos casos se ha utilizado en vehículos de competición con motores modificados.
- Generadores de energía eléctrica con motores a combustión, debido a sus extensas horas de trabajo pueden sufrir calentamiento por encima de la temperatura estándar, y con ello, más desgaste en las piezas móviles lubricadas.
- Maquinaria pesada que utiliza sistemas hidráulicos, como molinos de caña, reductores hidráulicos, cajas reductoras, generadores de flujo para aplicaciones de actuadores hidráulicos.

Alguna de las características más importantes puede ser:

- Único con nanopartículas menores a 20 nanómetros especialmente diseñadas.
- Mejoras de hasta 40 % en prueba de desgaste de 4 bolas ASTM D-4172.
- Resultados satisfactorios en pruebas de viscosidad a bajas temperaturas (-40C ASTM D-2988).
- Reducción y estabilización de temperaturas hasta un 60 %.
- Compatible con aceites sintéticos convencionales y minerales.

- Extiende la vida de filtros de partículas Diésel.
- Se debe añadir durante cada cambio de aceite.

Beneficios más relevantes:

- Extiende la vida útil del motor.
- Reduce los metales de desgaste hasta en un 73 %.
- Incrementa la transferencia de calor hasta un 40 %, estabilizando las temperaturas de operación y reduciendo los picos de temperatura.
- Extiende la vida del aceite en hasta 100 %, reduciendo la frecuencia de cambio de aceite y filtros.
- Incrementa la potencia disponible, mientras reduce las vibraciones y el ruido.
- Reduce el consumo de combustible entre 2.5 % y 7 % (de acuerdo con lo reportado por clientes y aplicándolo junto al Nano Cool).
- Excelente protección contra el desgaste en arranques secos.
- Extiende la vida útil de los filtros DPF.
- Reduce las fallas por sobrecalentamiento.
- Reducción de más del 10 % en emisiones de hollín y gases Nox.

3.1.4. Ejemplos aplicados

En la planta productora de caña de azúcar Ingenio Trinidad ubicada en Guatemala, se identificó una caja de engranajes reductora de 1000 hp, con un problema de desarme al momento de desacoplar el eje de transmisión de potencia de alrededor de 30 pulgadas de diámetro, debido a los altos niveles de corrosión y soldadura por óxido generados por el ambiente de humedad de la planta.

Cuando el nivel de oxidación era severo, ningún lubricante penetrante era capaz de permitir el desacople de los ejes, por lo que era necesario el desacople forzoso mediante calentamiento y aplicación de presión elevada mediante prensas hidráulicas, lo que generó el daño irreversible de los ejes de transmisión en varias oportunidades, trayendo como consecuencia pérdidas a la empresa.

Para solucionar el problema se aplicó el producto Lubricante Penetrante Nano PRO MT dejándolo actuar por al menos 20 minutos, y ver si era posible realizar el desacople con un menor esfuerzo y con mayor seguridad para que los ejes permanecieran en un estado óptimo después del desarme.

Figura 17. **Caja de engranajes**



Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

Situación a mejorar:

- Desacople forzoso del eje de transmisión con respecto a la caja reductora.
- Altos niveles de corrosión generados entre el eje y la reductora.
- Daño irreversible de los ejes de transmisión posterior al desarme.
- Alto número de horas hombre y tiempo de la actividad para lograr el desacople de los ejes.

Principales resultados de la prueba:

- El 100 % de los ejes pudieron desarmarse sin la necesidad de la aplicación de calor, ni de procedimientos mecánicos forzosos.
- No hubo daños mecánicos irreversibles y los ejes pudieron ser reutilizados.

Principales beneficios para la empresa:

- Disminución significativa del tiempo de desarme del eje, al no necesitar procedimientos de calentamiento ni procedimientos mecánicos, limitándose solo al tiempo de actuación del producto.
- Menores costos en mantenimiento al requerirse menos horas de desarme.
- Mayor tiempo de productividad de los equipos.
- Ahorros significativos por eliminación de los costos de reposición de ejes por daños durante el proceso de desarme.

3.2. Aplicación del estabilizador

La aplicación del estabilizador de aceite se utiliza, para la reducción a un nivel óptimo del consumo de aceite, restauración de la presión del aceite, garantiza un funcionamiento óptimo del motor. En el caso de un alto consumo o pérdida de aceite, en el caso del aceite de baja viscosidad y en caso de golpeteo de los actuadores hidráulicos.

3.2.1. Condiciones de los equipos

Previo aplicar el estabilizador cada uno de los equipos a utilizar deben estar limpios, sin residuos de materias extrañas que puedan comprometer el proceso de lubricación.

3.2.2. Tipos de aplicación

Estabilizador de Aceite está formulado para motores nuevos y viejos. Mientras que una pequeña cantidad (hasta 25 %) se puede mantener un nuevo motor, cantidades mayores (hasta 50 %) se pueden añadir a un motor desgastado para sellar adecuadamente y amortiguar las partes móviles, para retardar el consumo de aceite y evitar el desgaste adicional.

3.2.3. Dosificación

El uso eficiente del reductor dependerá de la correcta aplicación y ejecución del mantenimiento y sus períodos de lubricación, por lo cual, se propone utilizar el mantenimiento por lubricación.

Tabla XVIII. Intervalo de sustitución de aceite

Actividad	Eventualidad	Tiempo esperado
Cambio de aceite	Primera vez	Después de 500 horas
	Segunda vez	Después de 2500 horas
	Tercera vez	Cada 5000 horas
	Siguientes veces	Cada 2500 horas

Fuente: Salazar (2019). *Análisis del modo y efecto de fallas*.

Para el reductor presente en el ingenio la forma de lubricación es por salpicado de aceite. Cuando la operación es continua, el uso de salpicado de aceite está determinado por la frecuencia de entrada.

Tabla XIX. **Especificación técnica para la dosificación**

Método de lubricación	Suministro de aceite	Periodo de cambio	Cantidad de aceite	Eliminación de aceite
Salpicado de aceite	Lubricación forzada	Cada 5000 horas	17 galones (64 litros)	Drenar aceite

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Se debe asegurar que no ingresen al reductor tuercas, pernos o arandelas sueltas, tampoco polvo, agua y materiales extraños. El reductor no estará suficientemente lubricado si el nivel de aceite está por debajo del intervalo recomendado. Sin embargo, si el nivel de aceite está por encima del intervalo recomendado, la temperatura del aceite aumentará y esto hará que se deteriore.

Al drenar el aceite del reductor, se extrae el tapón de drenaje colocado bajo la unidad y se deja desagotar el aceite mientras esté todavía caliente. Para hacer más fácil el drenaje o el rellenado de aceite, se retira el respiradero.

3.2.4. Medidas de seguridad

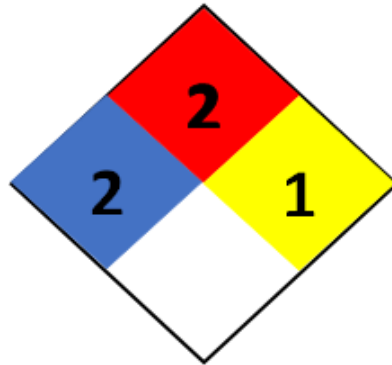
Comprende las medidas de formación, establecimiento de procedimientos de trabajo seguros, mantenimiento, y suministro de protección individual. Se toma aproximadamente dos minutos en analizar una tarea para identificar, evaluar y mitigar riesgos en el trabajo que se realizará. Cuando se identifican riesgos que no se pueden controlar, se deben comunicar al departamento de seguridad industrial.

El rombo de seguridad industrial es una herramienta que se utiliza para identificar los riesgos latentes a los que el personal esta anuente a poderlos sufrir, es un apoyo para determinar las medidas de seguridad ocupacional a establecer.

Como se puede observar en la figura 8 hay existen varios niveles y colores que se clasificar, donde el color azul hacer referencia al riesgo de salud que pueden sufrir los colaboradores y al igual que los demás van en una escala de 0 a 4, en donde 0 es sin riesgo y 4 hace referencia a un riesgo mortal, debido a la naturaleza de las acciones llevadas a cabo dentro la empresa existe una clasificación como peligroso, enumerada como nivel 2. De igual manera se enumera el color rojo con nivel 2 debido que a que dentro de la empresa hay manejo de lubricantes y estos tienen un punto de inflamabilidad entre 38 y 93 grados Celsius.

Por último, la referencia al rombo amarillo es respecto a la reactividad de los materiales, este riesgo se clasifico en uno que corresponde a; inestable si se calienta a temperaturas y presiones elevadas, debido a que dentro de la empresa no se fabrica el producto, sino que solamente se almacena para su posterior distribución. El rombo blanco hace alusión a cuidados especiales y en este caso no se utilizan número para clasificar los riesgos si no a cuidados especiales que se debe de tener con respecto a los materiales que puedan constituir un riesgo específico.

Figura 18. **Rombo de seguridad de la empresa**



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

El éxito de la identificación de peligros y evaluación de riesgos dependen de cada uno de los trabajadores. Se presentan un conjunto de acciones generales a tomar en cuenta en el desarrollo de cualquier actividad laboral.

Acciones a tomar antes de cada trabajo:

- Observar el área de trabajo y sus alrededores.
- Analizar qué es lo que se va a realizar.
- Observar lo que está sucediendo en los alrededores.

Acciones a tomar en cuenta durante cada trabajo:

- Estar siempre atento.
- Al realizar una tarea rutinaria es posible hacerla de un modo automático, lo cual puede provocar un accidente.

- Tomar descansos regulares y cortos durante tareas largas, para concentrarse de nuevo en el ambiente y peligros relacionados.
- Cuando se está por finalizar, pensar que se requiere para completar la tarea de forma segura.

Acciones a tomar cuando la tarea a finalizado:

- Observar el área de trabajo.
- Controlar cualquier peligro que pudo ser producto del trabajo.
- Pensar en el trabajo.

Figura 19. **Rombo de seguridad del estabilizador**



Fuente: elaboración propia, realizado con Visio.

3.2.5. Proceso de aplicación

Algunas actividades que se presentan son con la intención de hacer un modelo homogéneo de fácil comprensión y repetitividad.

3.2.5.1. Tiempo de aplicación

El tiempo de aplicación es en cada cambio de aceite según sean las recomendaciones del fabricante, cada periodo medido en horas de servicio o en kilómetros en caso de los vehículos.

3.2.5.2. Estado del equipo

Para la aplicación del estabilizador de aceite cada uno de los equipos deben estar en óptimas condiciones considerando las especificaciones técnicas de cada uno. No debe presentar fallas, fugas, piezas dañadas.

3.2.6. Seguridad para la aplicación

Se deben de tomar medidas de seguridad para su aplicación no importando en qué tipo de industria se trabaje.

3.2.6.1. Requisitos del equipo

Si una aspiración local no es posible o es insuficiente, se debe garantizar una buena ventilación del campo de trabajo. El polvo hay que aspirarlo en sitio donde se produce. Cuando se lo use, no comer, beber, fumar o estornudar.

- Indicaciones para la manipulación segura.
- No son necesarias medidas especiales.

3.3. Concepto general del mantenimiento

El objetivo del mantenimiento, es optimizar la disponibilidad del equipo al menor costo posible, tratando de minimizar las fallas que puedan ocurrir, a fin de evitar paradas en su operación. A continuación, se hace un listado de los objetivos del Mantenimiento.

- Objetivos del mantenimiento:
 - Evitar, reducir, y en su caso, reparar, las fallas sobre los bienes
 - Disminuir la gravedad de las fallas que no se puedan evitar
 - Evitar detenciones inútiles o paradas de máquinas
 - Evitar accidentes
 - Evitar incidentes y aumentar la seguridad para las personas
 - Conservar los bienes productivos en condiciones seguras y preestablecidas de operación
 - Balancear el costo de mantenimiento con el correspondiente al lucro cesante

- Alcanzar o prolongar la vida útil de los bienes

3.3.1. Mantenimiento preventivo de los equipos

El mantenimiento preventivo es una técnica científica del trabajo industrial, que en especial está dirigida al soporte de las actividades de producción y en general a todas las instalaciones empresariales.

- Historia

Durante la segunda guerra mundial, el mantenimiento tiene un desarrollo importante debido a las aplicaciones militares, en esta evolución el mantenimiento preventivo consiste en la inspección de los aviones antes de cada vuelo y en el cambio de algunos componentes en función del número de horas de funcionamiento.

- Características

Básicamente consiste en programar revisiones de los equipos, apoyándose en el conocimiento de la máquina en base a la experiencia y los históricos obtenidos de las mismas. Se confecciona un plan de mantenimiento para cada máquina, donde se realizarán las acciones necesarias, tales como, engrasar, cambian correas, desmontaje, limpieza.

El mantenimiento preventivo es, además, aquel que incluye las siguientes actividades:

- Inspección periódica de activos y del equipo de la planta, para descubrir las condiciones que conducen a paros imprevistos de producción, o depreciación perjudicial.
 - Se podrían emplear actividades como: inspección 360 (consiste en dar una vuelta completa al equipo para garantizar que no presenta fallas o desperfectos), también puede emplearse la técnica VOSO (ver, oler, sentir y oír; se emplea para dar certeza que con el uso de estos cuatro sentidos se reduzca al máximo cualquier fuga presente o falla encontrada).
 - Conservar la planta para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentren aun en una de paro total por la culminación del periodo de zafra.
- Ventajas del mantenimiento preventivo
 - Disminuye el tiempo ocioso.
 - Disminuye los pagos por tiempo extra de los trabajadores de mantenimiento en ajustes ordinarios y en reparaciones en paros imprevistos.
 - Disminuye los costos de reparaciones.
 - Habrá menor necesidad de equipo en operación, reduciendo con ello la inversión de capital y aumenta la vida útil de los existentes.

- Mayor seguridad para los trabajadores y mejor protección para la planta.
- Cumpliendo con la entrega y tiempos de producción en los plazos comprometidos.
- Conocer anticipadamente el presupuesto de costos de mantenimiento.
- Conocer los índices de productividad en las áreas que conforman una planta de producción.
- Alcance del mantenimiento preventivo
 - Un buen programa de M.P., incluirá la mayor parte de los bienes físicos de la planta; se asegurará de incluir funciones periódicas del equipo mismo.
 - El M.P., es relativamente moderno el desarrollo y aceptación que ha tenido en los últimos tiempos. No se puede descartar la guía de trabajo y control establecido por el fabricante, idealmente haciendo uso de eso se garantiza el periodo extendido de vida del equipo.
- Justificación de tener un mantenimiento preventivo

Los datos sobre la distribución de fallas son básicos e importantes. Las distribuciones de tiempo entre fallas muestran la frecuencia con la cual las máquinas funcionan sin necesidad de repararlas, por un número determinado de horas de operación que comúnmente se presentan como distribuciones de

fracción de tiempo entre descomposturas que excede a un tiempo de funcionamiento

Estas distribuciones tienen diferentes formas, dependiendo de la clase de equipo de que se trate. Por ejemplo, una máquina sencilla con pocas piezas móviles tenderá a descomponerse a intervalos casi constantes, a partir de su última reparación; es decir muestra una variabilidad mínima en su distribución del tiempo libre entre fallas.

3.3.2. Mantenimiento predictivo de los equipos

Básicamente, este tipo de mantenimiento consiste en reemplazar o reparar partes, piezas, componentes o elementos justo antes que empiecen a fallar o a dañarse.

En el programa de Mantenimiento Predictivo se analizan las condiciones del equipo mientras este se encuentra funcionando o en operación. Consiste en el análisis de las operaciones de mantenimiento para su optimización, permitiendo de esta manera ajustar las operaciones y su periodicidad a un máximo de eficiencia.

Esto es siempre menos costoso y más confiable que el intervalo de mantenimiento preventivo de frecuencia fija, basado en factores como las horas máquina o alguna fecha prefijada.

El combinar Mantenimiento Preventivo y Predictivo ayuda significativamente a reducir al mínimo el Mantenimiento Correctivo no programado o forzado. El realizar controles aleatorios o basados en la experiencia de los operadores de los equipos y de la gente de mantenimiento,

generalmente es un soporte a la hora de evitar daños mayores o que se produzcan por efecto de las paradas forzadas.

Las principales técnicas de mantenimiento predictivo y la aplicación del mismo en maquinaria industrial son:

- **Análisis de vibraciones:** el análisis de vibraciones es la principal técnica para supervisar y diagnosticar la maquinaria rotativa e implantar un plan de mantenimiento predictivo.
- **Ultrasonidos aplicados al mantenimiento predictivo:** la captación de ultrasonidos es una técnica que se ha desarrollado mucho en los últimos años, descubra las aplicaciones de esta técnica predictiva.
- **Análisis de Lubricantes:** las técnicas de análisis de lubricantes son fundamentales para determinar el deterioro del lubricante, la entrada de contaminantes y la presencia de partículas de desgaste.
- **Análisis de máquinas alternativas motores y compresores alternativos** pueden diagnosticarse con alta precisión a partir de la señal dinámica de la presión, ultrasonidos y vibraciones.
- **Descargas parciales en máquinas eléctricas:** la técnica del estudio de las descargas parciales se aplica a grandes máquinas eléctricas para evaluar el estado del estator con la máquina en servicio.
- **Parámetros de supervisión de grandes máquinas eléctricas:** la criticidad de las grandes máquinas eléctricas justifica la monitorización en continuo por varias técnicas complementarias entre sí.

- Termografía: la reducción en los precios de las cámaras termo gráficas ha permitido que cualquier departamento de mantenimiento se beneficie ya de esta potente técnica predictiva.
- Análisis de Motores Eléctricos de Inducción (ESA&MCA): en los últimos años se han desarrollado tecnologías que mediante de la medida simultánea de corriente y tensión permiten el diagnóstico de motores eléctricos.
- Análisis de la calidad energética de los equipos: los datos obtenidos por cada evaluación a los equipos, podrá determinar si se encuentran operando en condiciones normales, si los límites de calidad energética son bajos se deberán adoptar medidas inmediatas para evaluar y determinar la causa o falla presente.
- Estrategias de mantenimiento: en una primera clasificación distinguimos entre mantenimiento planificado y mantenimiento no planificado
- Mantenimiento Planificado: es aquel que implica una pro actividad, es decir, plantea una programación de tareas con el fin de mitigar el riesgo de se produzca una avería o de que ésta llegue a generar consecuencias no deseadas. Estas tareas se pueden programar a intervalos fijos (preventivo), según condición (predictivo) o cuando ya se ha producido la avería, pero no se requiere una acción inmediata (reactivo).
- Mantenimiento no Planificado: es el mantenimiento reactivo inmediato. La avería ya se ha producido y se ha de reparar inmediatamente.

- Mantenimiento Reactivo conocido como *run to failure* o funcionamiento hasta el fallo, consiste en no programar ninguna tarea hasta que la máquina falla. El mantenimiento reactivo es el tradicional, que se limitaba a actuar como un taller de mantenimiento, concebido bajo la idea de crear una gran capacidad humana que pudiese atender a cualquier imprevisto dentro de las plantas industriales. Es decir, como la aparición de la avería era absolutamente imprevisible, era necesario disponer de un equipo humano libre de obligaciones, salvo la propia de actuar en caso de una emergencia. Esta filosofía de bombero se conoce en la actualidad como mantenimiento reactivo.

La implantación de un programa de mantenimiento predictivo (PMP) El mantenimiento predictivo, a diferencia de algunos otros tipos de mantenimiento ya mencionados, requiere una fase inicial de preparación e implantación, así como una disciplina de seguimiento posterior.

- Estudio de la planta el primer paso será, evidentemente determinar la posibilidad de implantación del P.M.P. Idealmente esto estaría basado en un estudio de la planta en términos de disponibilidad, rentabilidad, tiempo de parada, entre otros.
- Se deberá organizar la cantidad de recurso humano necesario para distribuirse en actividades y tareas de mantenimiento según tiempo disponible y cantidad de equipos a revisar.
- Selección de Técnicas Optimas de Monitorizado para la determinación precisa del estado de las máquinas, deberemos seleccionar los mejores métodos posibles de medida, que tipo de medida de vibración tomar, la

mejor localización para tomar la medida y el instrumento adecuado para llevarla a cabo.

- Para determinar un programa maestro para mantenimiento preventivo: una vez establecidas las técnicas óptimas para el control de cada ítem de la planta, serán todas ellas agrupadas para formar el programa completo de monitorizado.
- Fijar Revisar Límites de Aceptabilidad. En este paso se establecen los niveles normales de vibración de las máquinas que indican que éstas están operando en condiciones normales y aceptables.
- Mediciones base de las máquinas dado que inicialmente se desconocen las condiciones mecánicas en que se encuentran las máquinas, es necesario establecer mediciones de partida para cada una. Las mediciones subsecuentes serán comparadas con éstas de referencia, así como con los límites preestablecidos.
- Mediciones periódicas de condición el objetivo de un P.M.P., es detectar un deterioro significativo en el estado de la máquina. Por medio de la adquisición, registro y análisis de la tendencia de los datos medidos, es posible determinar si la máquina está dentro de normas o si es necesario un análisis más detallado para identificar un posible problema.
- Análisis de situación: es un análisis en profundidad del estado en que la máquina se encuentra y que muchas veces reúne la aplicación de varias técnicas diferentes. El propósito es confirmar la existencia de un determinado problema llevando a cabo el diagnóstico del fallo, así como un pronóstico de sus posibles consecuencias.

- Corrección del fallo una vez diagnosticado el fallo, podrán ser programadas las correspondientes medidas correctivas. Los detalles del fallo identificado deberían realimentar el P.M.P. para confirmar el diagnóstico y mejorar la capacidad y eficacia del programa.
- La evolución del mantenimiento predictivo

En la mayor parte de los segmentos industriales de nuestro entorno existe la creencia de que el mantenimiento predictivo es un concepto o técnica de reciente implantación. Nada más lejos de la realidad. Esta técnica se empezó a aplicar en Norteamérica en el año 1958, utilizando medidores de vibración muy sencillos para llevar un seguimiento de las máquinas tal y como se ha descrito en párrafos anteriores.

En los últimos años, la incorporación de los ordenadores personales a nuestro ámbito de trabajo ha hecho posible que tanto la adquisición de datos como su archivo, confección de todo tipo de informes, gráficos de evolución, entre otros, simplifiquen enormemente las tareas de seguimiento del programa de predictivo.

Este avance, unido al espíritu de superación tecnológica de nuestras empresas con el objetivo de mejorar la calidad y la productividad de cara a nuestra entrada en Europa, es lo que ha llevado a que el mantenimiento predictivo vuelva a estar de actualidad como herramienta de ahorro de costos y de eficacia total en el funcionamiento de las máquinas involucradas en los diferentes procesos industriales

- La informatización del mantenimiento predictivo

En el momento actual existen equipos portátiles de toma de datos capaces de efectuar mediciones no sólo de vibración sino de todos aquellos parámetros ya mencionados con anterioridad y que afectan al mantenimiento de las máquinas bajo control. Estos equipos portátiles de uso muy simple memorizan todas las lecturas tomadas en las máquinas durante el proceso de inspección rutinaria y son capaces posteriormente de transmitir estos datos a un ordenador a través de un enlace de comunicación estándar.

Una vez los datos almacenados en, una base de datos en el ordenador, éste se ocupará de ordenarlos que es su función primordial, siendo capaz a partir de ese momento de presentarnos diferentes informes de situación de toda la planta, ya sea en forma de tabla o de todo tipo de gráficos de evolución.

La mayor o menor capacidad de manejo y análisis de estos datos reside en la potencia y sencillez de uso del software que se esté utilizando. En este terreno existen hoy en día en el mercado programas capaces no sólo de manejar datos simples, sino que pueden almacenar y manejar la información contenida en la señal compleja de vibración permitiéndonos, mediante el estudio del espectro de esta señal, el llevar a cabo funciones de diagnóstico de averías.

La última evolución tecnológica en el campo del software aplicado al predictivo es la aparición de programas inteligentes que, residiendo en el ordenador, son capaces de analizar los datos procedentes de las máquinas, comparándoles con las características de diseño de los elementos constituyentes de éstas y sus condiciones de operación, poder emitir de una forma inmediata y automática un diagnóstico de la posible avería que en ellas se esté produciendo.

- Selección del sistema de mantenimiento predictivo

El sistema de llevar a la práctica el P.M.P. en lo que se refiere a equipos de medida, ordenador, software, entre otros y la decisión de llevar a la práctica con un simple equipo portátil y registro manual o con una instalación totalmente automatizada en la que el factor humano sólo intervenga en la toma de decisiones, dependerá de varios factores entre los cuales destaca.

- Costos por pérdida de producción
- Tiempo de desarrollo de un fallo desde su detección
- Costo del equipo a proteger
- Existencia de equipos de reserva
- Disponibilidad de personal
- Costo de implantación del sistema

Con estos parámetros en consideración, podremos elegir el sistema más adecuado a nuestra necesidad con el objetivo de llegar en un determinado plazo de tiempo a un sistema mixto que es la tendencia actual en lo que a esta técnica se refiere y que estaría formado por:

- Un equipo portátil, programable y soportado por ordenador para la mayor parte de las máquinas a controlar. Manejado por un técnico capacitado, adquiriría y transmitiría a ordenador periódicamente toda la información de las máquinas seleccionadas.

- Una serie de sensores permanentemente instalados en aquellos puntos que reúnan particulares condiciones de dificultad de acceso para efectuar una medida precisa y con seguridad para el inspector. La señal de estos sensores sería transmitida a un panel de centralizado, desde el cual se tomarían las lecturas y transferida de la misma forma al ordenador.
- Finalmente, aquellas máquinas que son realmente críticas para la operación de la planta por alguna de las razones expuestas anteriormente, deberían ser permanentemente monitorizadas con un sistema de vigilancia continua 24 horas al día, que nos alertase inmediatamente de cualquier problema que se pudiera presentar. Las señales procedentes de este sistema, serían también transmitidas al ordenador para su seguimiento y archivo
- Beneficios del programa de mantenimiento predictivo

Es evidente que esta técnica, desarrollada como ya hemos dicho hace más de 30 años, habría desaparecido si no fuera por los beneficios que proporciona y que han sido demostrados por miles de usuarios en todo el mundo.

- Mejora de la productividad
- Prolongación del tiempo de operación
- Reducción de los costos de mantenimiento
- Reducción de primas de seguro

- Equipo de reserva mínimo o innecesario
- Operación más tranquila
- Aumento de seguridad en la maquinaria
- Mantenimiento correctivo de los equipos

Se entiende por mantenimiento correctivo la reparación de averías o fallas, cuando éstas se presentan. Además de prolongar la vida útil de los equipos.

Históricamente, el mantenimiento nace como servicio a la producción. Lo que se denomina Primera Generación del Mantenimiento cubre el período que se extiende desde el inicio de la revolución industrial hasta la Primera Guerra Mundial. En estos días la industria no estaba altamente mecanizada, por lo que el tiempo de paro de máquina no era de mayor importancia. Esto significaba que la prevención de las fallas en los equipos no era una prioridad para la mayoría de los gerentes.

A su vez, la mayoría de los equipos eran simples, y una gran cantidad estaba sobredimensionada. Esto hacía que fueran fiables y fáciles de reparar. Como resultado no había necesidad de un mantenimiento sistematizado más allá de limpieza y lubricación, y por ello la base del mantenimiento era puramente correctiva. Las posteriores generaciones del mantenimiento trajeron el preventivo sistemático, el predictivo, el proactivo, el mantenimiento basado en fiabilidad, entre otros.

Aun así, una buena parte de las empresas basan su mantenimiento exclusivamente en la reparación de averías que surgen, e incluso algunas

importantes empresas sostienen que esta forma de actuar es la más rentable. En otras muchas, las tareas correctivas suponen un alto porcentaje de su actividad y son muy pocas las empresas que han planteado como objetivo reducir a cero este tipo de tareas (objetivo cero averías) y muchas menos las que lo han conseguido.

Existen dos formas diferenciadas de mantenimiento correctivo: el programado y no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción.

La decisión entre corregir un fallo de forma planificada o de forma inmediata suele marcarla la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería supone la parada inmediata de un equipo necesario, la reparación comienza sin una planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con ese fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

La distinción entre correctivo programado y correctivo no programado afecta en primer lugar a la producción. No tiene la misma afección el plan de producción si la parada es inmediata y sorpresiva que si se tiene cierto tiempo para reaccionar. Por tanto, mientras el correctivo no programado es claramente una situación indeseable desde el punto de vista de la producción, los compromisos con clientes y los ingresos, el correctivo programado es menos agresivo con todos ellos.

- El correctivo como base del mantenimiento

Muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo, es decir, la reparación de averías cuando surgen, como base de su mantenimiento: más del 90 % del tiempo y de los recursos empleados en mantenimiento se destinan a la reparación de fallos.

El mantenimiento correctivo como base del mantenimiento tiene algunas ventajas indudables:

- No genera gastos fijos.
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad.
- Sólo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo.
- A corto plazo puede ofrecer un buen resultado económico.
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Esas son algunas de las razones que en muchas empresas inclinan la balanza hacia el correctivo. No obstante, estas empresas olvidan que el correctivo también tiene importantes inconvenientes.

La producción se vuelve impredecible y poco fiable. Las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento. Desde luego, no es en absoluto recomendable basar el mantenimiento en las intervenciones correctivas en plantas con un alto valor añadido del producto final, en plantas que requieren una

alta fiabilidad, empresas que utilizan el frío en su proceso), las que tienen unos compromisos de producción con clientes sufriendo importantes penalizaciones en caso de incumplimiento

- Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes.
- La vida útil de los equipos se acorta.
- Impide el diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por ello, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Hay tareas que siempre son rentables en cualquier tipo de equipo. Difícilmente puede justificarse su no realización en base a criterios económicos: los engrases, las limpiezas, las inspecciones visuales y los ajustes. Determinados equipos necesitan además de continuos ajustes, vigilancia, engrase, incluso para funcionar durante cortos periodos de tiempo.
- Las averías y los comportamientos anormales no sólo ponen en riesgo la producción: también pueden suponer accidentes con riesgos para las personas o para el medio ambiente.
- Basar el mantenimiento en la corrección de fallos supone contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, entre otros.

En la mayor parte de las empresas difícilmente las ventajas del correctivo puro superarán a sus inconvenientes. La mayor parte de las empresas que basan su mantenimiento en las tareas de tipo correctivo no han analizado en profundidad si esta es la manera más rentable y segura de abordar el mantenimiento, y actúan así por otras razones.

- Las empresas deciden externalizar la reparación de averías en los siguientes cinco casos:
 - Cuando está incluido en el contrato: cuando el servicio está incluido dentro de un contrato de gran alcance, como un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento, por ejemplo.
 - Cuando no existe un departamento de mantenimiento: cuando no se dispone de ningún tipo de estructura de mantenimiento. En estos casos, cualquier problema que no sea sencilla ha de ser contratado a una empresa de mantenimiento.
 - Cuando supone una carga inadmisibles de trabajo adicional: cuando disponiendo de una estructura de mantenimiento esta está infra dimensionada, está desbordada de trabajo o cuando supone un aumento puntual de la carga de trabajo insostenible.
 - Cuando no se tienen los medios o los conocimientos necesarios: cuando no se dispone de conocimientos o medios técnicos suficientes para abordar la reparación, por ser tecnologías novedosas y desconocidas en la planta o por haber recibido la formación y entrenamiento necesario.

- Cuando el equipo está en garantía: en el caso de equipos en garantía se prefiere contar con el servicio técnico del suministrador para evitar conflictos de responsabilidad.
- Los contratos que se pueden establecer para la reparación de averías pueden ser los siguientes:
 - Contratación de una reparación puntual sin presupuesto previo. Se trata en general de averías graves y urgentes, de un coste menor que las pérdidas de producción que provoca. Por esa razón se encarga el trabajo a una empresa con capacidad para dar la asistencia técnica sin conocer siquiera el importe de la reparación: el factor más importante es pues el tiempo de intervención.
 - Contratación de una reparación puntual con presupuesto previo. O bien no se trata de intervenciones tan urgentes como las anteriores o bien se prevé un importe elevado que es necesario conocer con antelación. La preparación del presupuesto y su posterior aceptación supone retrasar mucho la intervención, ya que será necesario que el contratista compruebe el trabajo, haga su valoración, redacte una oferta, la envíe al cliente, que éste la estudie y la acepte y le comunique la aceptación al contratista. El factor más importante en este tipo de contratación es el precio, por encima del tiempo de inicio de los trabajos o de intervención.
 - Contratación de asistencias técnicas puntuales, pero a precio pactado bien por servicio (también llamado por precios unitarios) o bien por hora de intervención y materiales empleados. Las fases de presupuesto y aceptación de éste se realizan una sola vez para

muchas intervenciones, de manera que cuando se necesita un servicio se solicita sin más, conociendo el cliente más o menos qué coste supondrá. El factor importante vuelve a ser el precio, pero el cliente trata de evitar los tiempos muertos derivados del proceso de oferta y aceptación, negociando de una vez todos los servicios que pueda necesitar en un periodo determinado.

- Contratación de un número de servicios de reparación anual. Es decir, por un precio pactado se incluyen x intervenciones anuales de un determinado tipo, o x horas de intervención.
- Contratación del mantenimiento correctivo dentro de un contrato de mayor alcance, como un contrato integral o un contrato de operación y mantenimiento.

El objetivo del análisis de fallos: el análisis de averías tiene como objetivo determinar las causas que han provocado determinadas averías (sobre todo las averías repetitivas y aquellas con un alto coste) para adoptar medidas preventivas que las eviten. Es importante destacar esa doble función del análisis de averías:

- Determinar las causas de una avería
- Proponer medidas que las eviten, una vez determinadas estas causas

La mejora de los resultados de mantenimiento pasa necesariamente, por estudiar las fallas que ocurren en los equipos de las plantas industriales y aportar soluciones para que no ocurran. Si cuando se rompe una pieza simplemente se

cambia por una similar, sin más, probablemente se esté actuando sobre la causa que produjo la avería, sino tan solo sobre el síntoma. Los analgésicos no actúan sobre las enfermedades, sino sobre sus síntomas. Evidentemente, si una pieza se rompe es necesario sustituirla: pero si se pretende retardar o evitar el fallo es necesario estudiar la causa y actuar sobre ella.

- Datos que deben recopilarse al estudiar un fallo Cuando se estudia una avería es importante recopilar todos los datos posibles disponibles. Entre ellos, siempre deben recopilarse los siguientes:
 - Relato pormenorizado en el que se cuente qué se hizo antes, durante y después de la avería. Es importante detallar la hora en que se produjo, el turno que estaba presente (incluso los operarios que manejaban el equipo) y las actuaciones que se llevaron a cabo en todo momento.
 - Detalle de todas las condiciones ambientales y externas a la máquina: temperatura exterior, humedad (si se dispone de ella), condiciones de limpieza del equipo, temperatura del agua de refrigeración, humedad del aire comprimido, estabilidad de la energía eléctrica (si hubo cortes, micro cortes, o cualquier incidencia detectable en el suministro de energía), temperatura del vapor (si el equipo necesita de este fluido), y en general, las condiciones de cualquier suministro externo que el equipo necesite para funcionar.
 - Últimas ordenes de trabajo (OT), de los mantenimientos preventivos realizados en el equipo, detallando cualquier anomalía encontrada.

- Causas de los fallos: las causas habituales de los fallos son generalmente una o varias de estas cuatro:
 - Por un fallo en el material: se considera que se ha producido un fallo en el material cuando, trabajando en condiciones adecuadas una determinada pieza queda imposibilitada para prestar su servicio.
 - Por desgaste: se da en piezas que pierden sus cualidades con el uso, pues cada vez que entran en servicio pierden una pequeña porción de material. Es el caso, por ejemplo, de los cojinetes antifricción.
 - Por rotura: se produce cuando aplicamos fuerzas de compresión o de estiramiento a una pieza sobrepasando su límite elástico.
 - Es el caso del hundimiento de un puente por sobrepeso, por ejemplo. Las roturas a su vez pueden ser dúctiles o frágiles, dependiendo de que exista o no deformación durante el proceso de rotura. Así, las cerámicas, en condiciones normales presentan roturas frágiles (las piezas pueden encajarse perfectamente tras la rotura), mientras que el aluminio presenta una rotura dúctil, con importantes deformaciones en el proceso que impedirían recomponer la pieza rota por simple encaje de los restos.

Por un error humano del personal de operación: otra de las causas por las que una avería puede producirse es por un error del personal de producción. Este error a su vez puede tener su origen en:

- Error de interpretación de un indicador durante la operación normal del equipo, que hace al operador o conductor de la instalación tomar una decisión equivocada.
- Actuación incorrecta ante un fallo de la máquina. Por ejemplo: introducir agua en una caldera caliente en la que se ha perdido en nivel visual de agua; al no conocerse qué cantidad de agua hay en su interior, es posible que esté vacía y caliente, por lo que al introducir agua en ella se producirá la vaporización instantánea, con el consiguiente aumento de presión que puede provocar incluso la explosión de la caldera.
- Factores físicos del operador: este puede no encontrarse en perfectas condiciones para realizar su trabajo, por mareos, sueño, cansancio acumulado por jornada laboral extensa, enfermedad, entre otros.
- Factores psicológicos, como la desmotivación, los problemas externos al trabajo, entre otros, influyen enormemente en la sumatoria de errores de operación.
- Falta de instrucciones sistemáticas claras, como procedimientos, instrucciones técnicas, entre otros, o deficiente implantación de estas.

Por un error humano del personal de mantenimiento: también comete errores que desembocan en una avería, una parada de producción, una disminución en el rendimiento de los equipos. Una parte importante de las averías que se producen en una instalación está causada por el propio personal de mantenimiento. Entre los fallos más habituales provocados o agravados por el propio personal de mantenimiento están las siguientes:

- Observaciones erróneas de los parámetros inspeccionados. En ocasiones se dan por buenos valores alarmantes de determinados parámetros, que aconsejarían.
- Realización de montajes y desmontajes sin observar las mejores prácticas del sector.
- No respetar o no comprobar tolerancias de ajuste.
- No respetar o no controlar pares de apriete.
- La reutilización de materiales que deben desecharse.
- Por el uso de repuestos no adecuados: repuesto no original, que no cumple las especificaciones necesarias, repuesto que no ha sido comprobado antes de ser montado.
- Por el uso de herramienta inadecuada. El caso más habitual es el empleo de llaves ajustables que provocan en muchos casos el redondeo de cabezas de tornillos.

Condiciones externas anómalas: cuando las condiciones externas son diferentes a las condiciones en que se ha diseñado el equipo o instalación pueden sobrevenir fallos favorecidos por esas condiciones anormales. Es el caso de equipos que funcionan en condiciones de temperatura, humedad ambiental o suciedad diferentes de aquellas para las que fueron diseñados.

También es el caso de equipos que funcionan con determinados suministros (electricidad, agua de refrigeración, agua de alimentación, aire comprimido) que no cumplen unas especificaciones determinadas, en las que se ha basado el fabricante a la hora de diseñar sus equipos.

En ocasiones, en una misma avería confluyen varias causas simultáneamente, lo que complica enormemente el estudio del problema y la aportación de soluciones. Es importante tener en cuenta esto, pues con determinar una única causa en muchas ocasiones no se consigue evitar el problema, y hasta que no se resuelven todas las causas que la provocan no se obtienen resultados significativos.

3.4. Análisis de los equipos

Hay dos tipos de trazabilidad: la externa y la interna; la primera se refiere a estándares internacionales, la segunda se puede aplicar a estándares propios de la empresa y nacionales.

Con el propósito de marcar la tendencia con la que se producen las averías en los equipos. Se debe realizar una clasificación especial determinada por el personal de mantenimiento y así tomar decisiones confiables acerca de planificación de actividades, compra y almacenamiento de piezas de repuesto.

Cuando se utiliza la trazabilidad como un concepto de rastreo de datos históricos y se aplica al pronóstico de fallas, se encuentra que los pasos para trazar las ocurrencias son:

- Recolección de datos históricos internos por máquina, de acuerdo con uno o más períodos de producción.
- Clasificación de las ocurrencias.
- Tabulación de los valores obtenidos, fallas a través del tiempo que pueden ser meses, semanas e incluso días.
- Análisis para determinar la tendencia y comportamiento de los datos.
- Utilizando métodos de correlación se puede establecer el tipo de familia a la que pertenece el comportamiento de los datos tabulados.
- Realizar pronósticos de evaluación y riesgo, a fin de determinar la estimación con el error mínimo.
- Realizar la estimación de fallas a corto, mediano y largo plazo, haciendo estimaciones de requerimiento de repuestos, presupuestando sus valores económicos para la toma de decisiones eficiente.

3.4.1. Datos de los análisis

Para el análisis de un problema en el equipo, maquinaria se debe evaluar las condiciones de operación e identificar las posibles fallas.

3.4.1.1. Análisis de las principales fallas

Se describe los lineamientos para realizar el análisis de modo y efectos de falla.

En relación al proceso a producir o analizar

- Análisis del modo y efecto de fallas (AMEF) de diseño: enumerar que es lo que se espera del diseño del producto, que es lo que quiere y necesita el cliente y cuales con los requerimientos de producción. Así mismo listar el flujo que seguirá el producto a diseñar, comenzando desde el abastecimiento de materia prima, el (los) proceso(s) de producción hasta la utilización del producto por el usuario final. Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas.
- AMEF de procesos (AMEFP): listar el flujo del proceso que se esté desarrollando, comenzando desde el abastecimiento de la materia prima, el proceso de transformación hasta la entrega al cliente (proceso siguiente). Determinar las áreas que sean más sensibles a posibles fallas. En el caso de empresas de servicios no hay materias primas, para estos casos se toman en cuenta entradas del proceso.
- Establecer los modos potenciales de falla: para cada una de las áreas sensibles a fallas determinadas en el punto anterior se deben establecer los modos de fallas posibles. Modo de falla es la manera en que podría presentarse una falla o defecto. Para determinarlas nos cuestionamos ¿De qué forma podría fallar la parte o proceso? (roto, flojo, fracturado, equivocado, deformado, agrietado, mal ensamblado, fugas, mal dimensionado).

- Determinar el efecto de la falla: efecto: cuando el modo de falla no se previene ni corrige, el cliente o el consumidor final pueden ser afectados. (Deterioro prematuro, ruidoso, operación errática, claridad insuficiente, paros de línea)

- Determinar la causa de la falla
 - Causa: es una deficiencia que se genera en el modo de falla.

 - Las causas son fuentes de variabilidad asociada con variables de entrada claves.

 - Tolerancias/valores objetivos.

 - Configuración.

 - Componente de modos de falla a nivel de componente.

Describir las condiciones actuales: anotar los controles actuales que estén dirigidos a prevenir o detectar la causa de la falla.

- Análisis de elementos limitados

- Revisiones de diseño

- Prototipo de prueba

- Prueba acelerada

Determinar el grado de severidad: para estimar el grado de severidad, se debe de tomar en cuenta el efecto de la falla en el cliente. Se utiliza una escala de 1 a 10: el 1 indica una consecuencia sin efecto; el 10 indica una consecuencia grave.

3.4.1.2. Fallas críticas

Para realizar la matriz AMFE se tendrán en cuenta cada una de las partes involucradas desde los materiales utilizados en la producción de caña de azúcar.

Tabla XX. **Matriz AMFE**

NPR Numero de prioridad de riesgo	Nivel de riesgo	Modo/efecto de falla potencial	Recomendación

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

3.4.2. Factores a analizar

Con el proceso de implementación, ensayo, prueba y error, se contemplan incorporar un conjunto de factores que demandaran diferentes propiedades físicas, químicas y de resistencia, para lo cual se considera viable incluir el control de temperatura, los niveles mínimos y máximos de potencia generados y la presión del sistema.

3.4.2.1. Presión

La presión estará definida por el equipo concentrándose como límite mínimo esperado 75 psi y como límite superior 100 psi. Para no exceder la capacidad del motor o de los motores hidráulicos.

3.4.2.2. Temperatura

Se considera que los rangos de temperatura ideales se encuentran entre 65 °C y 70 °C, según el manual de reductores PANAMAX 9000.

3.4.2.3. Potencia

La potencia podría limitarse de 800 hp hasta 1000 hp, dependerá de la caja de engranajes y el sistema reductor instalado.

3.4.2.4. Consumo energético

En el sector servicios es difícil medir la cantidad de servicios realizados, por lo que los IDENS que se utilizan se basan en repercutir el consumo de energía en otras unidades medibles, como son la superficie del edificio en el que se realiza la actividad, el número de empleados que trabajan para la organización o las horas de trabajo realizadas:

- Consumo energético/número de empleados
- Consumo energético/horas trabajadas

Tabla XXI. **Indicador de servicio área de producción**

Consumo energético kWh	Número de empleados área	Indicador sector comercial	Horas trabajadas	Horas trabajadas
3456,9	210	16,5	240	14,40
3423,4	210	16,3	240	14,26
3567,7	210	17,0	240	14,87

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

El consumo energético por toda la empresa se mide por el indicador de servicio comercial.

Tabla XXII. **Indicador de servicio de la empresa**

Consumo energético kWh	Número de empleados	Indicador sector comercial
3456,9	540	6,4
3423,4	540	6,3
3567,7	540	6,6

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4. APLICACIÓN DE ESTABILIZADOR DE ACEITE EN MOTORES Y REDUCTORES HIDRÁULICOS

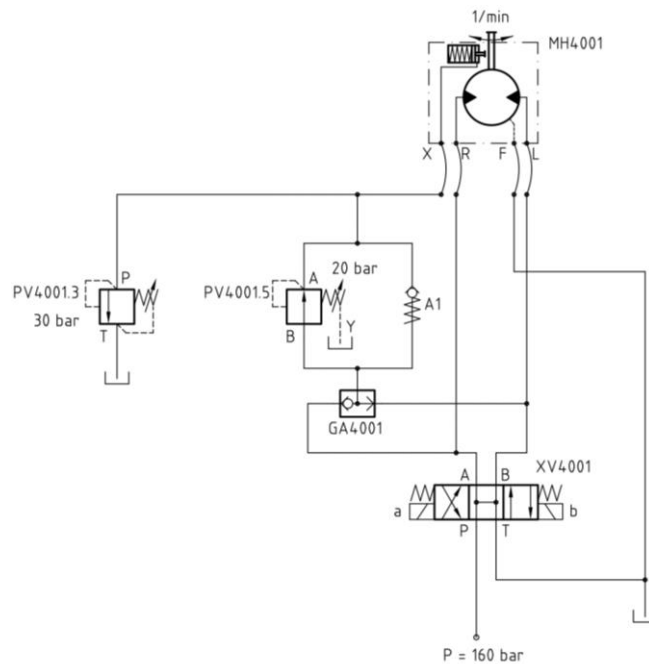
4.1. Diagrama de los circuitos hidráulicos

Se presenta los diagramas de los circuitos hidráulicos de los equipos empleados.

4.1.1. Diagrama de los motores hidráulicos

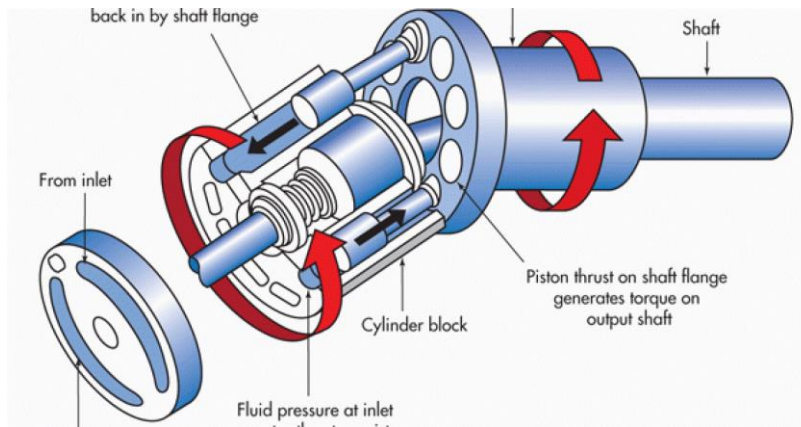
Se incorpora un diagrama y una imagen con corte axial como referencia.

Figura 20. Diagrama del circuito hidráulico



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 21. **Motor hidráulico con corte axial**

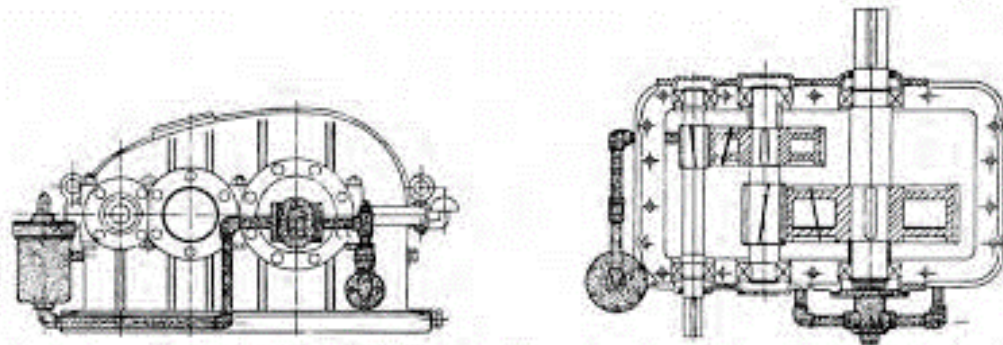


Fuente: motores hidráulicos. *Manual de mantenimiento preventivo.*

4.1.2. **Diagrama de los reductores hidráulicos**

Reductor es un mecanismo de engranes acoplados para aumentar la potencia de transmisión, reduciendo la velocidad de rotación. Los reductores de alta y media velocidad son del tipo de transmisión encerrada, y los de baja velocidad son del tipo de transmisión abierta.

Figura 22. **Diagrama del reducto de velocidad**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 23. **Reductor hidráulico**

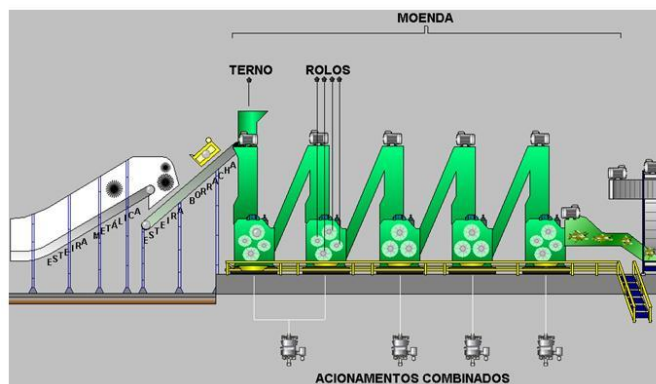


Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

4.1.3. **Ubicaciones de los equipos**

Se presenta la descripción grafica de la ubicación de los equipos en el proceso de caña de azúcar.

Figura 24. **Ubicación de equipos para el proceso de caña de azúcar**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

Figura 25. **Molino de caña de azúcar**



Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

4.2. Indicadores de mantenimiento

Se describen los indicadores para el manteniendo de los equipos en el proceso de caña de azúcar.

4.2.1. Disponibilidad mecánica

En el área de molinos, las variables a considerar como fundamentales para cuantificar el rendimiento del departamento y los indicadores empleados para valorar las actividades complejas apegadas al plan estratégico organizacional son los siguientes:

Presión de los molinos: se aplica para mantener un colchón de bagazo adecuado en los molinos y con esto evitar el exceso de flotación de la masa superior; su importancia radica en tener una relación directa con la vida de los

componentes de un molino, así como con la eficiencia del tándem. Para el control de esta variable es necesario considerar ciertas características:

- La extracción mejora al pasar de una presión menor a una mayor, disminuyendo a medida que se acerca a 2 222 psi.
- Una presión hidráulica mayor a 2 222 psi puede ocasionar problemas mecánicos serios y desgastes prematuros, obteniéndose poco incremento de extracción.
- La mayor presión hidráulica debe aplicarse siempre al primer y último molino de un tándem.
- Los molinos intermedios pueden trabajar entre 1 667 y 1 806 psi.

Costo de mantenimiento: este es un aspecto que no puede ser analizado aisladamente, puesto que junto con la confiabilidad reflejará a mediano plazo, la eficacia de la actividad de mantenimiento aplicada

Costo unitario de Indisponibilidad de Mantenimiento (Ci).

Ecuación 2

$$Ci = Ci \text{ unitario} \times \frac{\text{Tiempo Indisponible por mantenimiento}}{\text{Tiempo efectivo trabajado por la fábrica}}$$

Al tiempo de indisponibilidad por mantenimiento hay que sumarle el tiempo perdido por averías imputable a mantenimiento.

- C unitario= Costo Unitario de la producción analizada
- Costo de Disponibilidad de Mantenimiento (Cd)
- $(Cd)=\text{Gasto de mantenimiento} / \text{Costo total de producción}$

4.2.2. Consumo energético

En el sector servicios es difícil medir la cantidad de servicios realizados, por lo que los indicadores de desempeño energético-IDEs que se utilizan se basan en repercutir el consumo de energía en otras unidades medibles, como son la superficie del edificio en el que se realiza la actividad, el número de empleados que trabajan para la organización o las horas de trabajo realizadas:

- Consumo energético/número de empleados
- Consumo energético/horas trabajadas

Tabla XXIII. **Indicador de servicio área de producción**

Consumo energético kWh	Número de empleados área de producción kWh/empleador	Indicador sector comercial	Horas trabajadas	Indicador de horas trabajadas
3456,9	210	16,5	240	14,40
3423,4	210	16,3	240	14,26
3567,7	210	17,0	240	14,87

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

El consumo energético por toda la empresa se mide por el indicador de servicio comercial.

Tabla XXIV. **Indicador de servicio de la empresa**

Consumo energético kWh	Número de empleados	Indicador sector comercial
3456,9	540	6,4
3423,4	540	6,3
3567,7	540	6,6

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4.2.3. Incidentes

Los incidentes pueden darse por factores humanos y ambientales, los cuales pueden provocar lesiones leves o de gran magnitud que requieran la intervención médica de emergencia. El factor humano se hizo la recopilación de datos por parte de la gerencia indicando los incidentes reportados durante el año 2019 teniendo noviembre y diciembre proyectados.

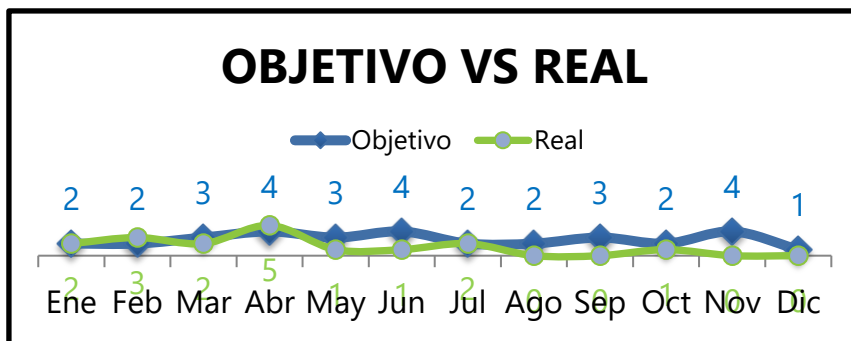
Tabla XXV. **Accidentes durante 2019**

ACCIDENTES TOTATES 1	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Objetivo	2	2	3	4	3	4	2	2	3	2	4	1	32
Real	2	3	2	5	1	1	2	0	0	1	0	0	17

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Como se puede observar en cada mes se tenía estimado lo máximo de accidentes menores, leves que no causen daños al personal.

Figura 26. **Accidentes durante 2019**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla XXVI. **Accidentes durante 2019 factor ambiental**

Accidentes totales	Ene	Feb	Mar	Abr	Mayo	Junio
Objetivo	2	2	2	2	2	2
Real	1	1	1	0	1	1

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XXVII. **Accidentes durante el segundo semestre 2019 por factor ambiental**

Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2	2	2	2	2	2
0	0	0	0	0	2

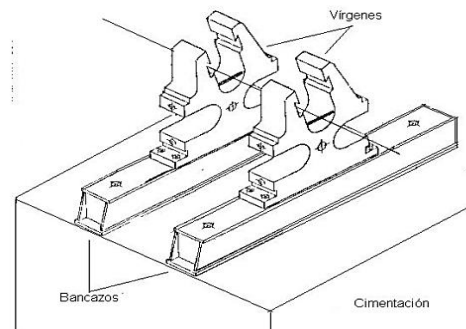
Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4.3. Aplicación del estabilizador

Un molino de caña cualquiera que sea su tipo o tamaño está compuesto por: vírgenes, mazas y sus ejes, cuchilla central y accesorios. Entre estos últimos se mencionan los que son más comunes, cabezotes hidráulicos, chumaceras o cojinetes, peines, entre otros.

Un molino tiene dos vírgenes que son esencialmente las armaduras lateras, de diseño especial, que soportan las masas y todos los accesorios del molino. Las vírgenes son armaduras muy pesadas, del orden de 8 a 12 toneladas cada una, construidas de acero al carbono fundido, y que se colocan paralelas entre sí a una distancia especificada. La mayoría van montadas sobre bancazos de hierro a los que se atornillan. Los bancazos a su vez se sujetan a los cimientos de concreto por medio de pernos de diámetro y largo calculados de acuerdo al tamaño del molino. El diseño de las vírgenes define el tipo y el número de mazas del molino. Existen diferentes tipos de vírgenes, las más usadas son conocidas como tipo recta y tipo inclinada.

Figura 27. **Vírgenes y sus bancazos**



Fuente: elaboración propia, realizado con AutoCAD.

El diseño básico de los molinos en los ingenios hasta hace pocos años fue el molino de tres mazas. En un molino de este tipo las mazas están dispuestas formando un triángulo isósceles ya que esta configuración proyecta el peso de las mazas directamente sobre el cimientó y no sobre las tapas laterales.

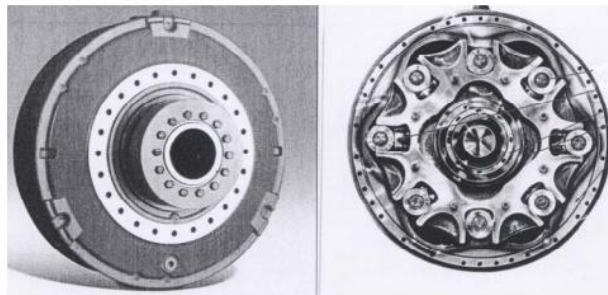
En años recientes a este diseño se le fueron agregando más mazas buscando más puntos de extracción del jugo de la caña en el mismo molino. Un molino de cuatro mazas conserva el diseño de uno de tres, pero se le agrega una cuarta maza paralela a la masa de arriba del lado de la entrada de caña. Esta cuarta maza hace la función de un rodo alimentador forzado. Por su posición en las vírgenes de un molino cada maza recibe un nombre que la identifica y diferencia de las demás. A la masa de arriba (vértice superior del triángulo) se le llama maza superior, ya que es la que recibe la acción de la transmisión de potencia. Esta maza a su vez, es la que mueve a las dos de abajo y la cuarta maza.

El motor hidráulico utilizado en molinos cañeros el cual describimos en este trabajo es del tipo de pistones de desplazamiento radial y de anillo de levas. Este consta de una carcasa fija, eje, bloque de cilindros circular, rodamiento guía, pistones, rodillos de leva, placa de válvulas, discos de levas y placa guía.

El bloque de cilindros va montado en la carcasa sobre cojinetes de rodillos que son los que transmiten el movimiento giratorio al eje. Los pistones se disponen generalmente en números pares y están situados radialmente al bloque de cilindros, y la placa de válvulas distribuye y dirige el fluido dentro y fuera de los pistones. Cada pistón actúa sobre un rodillo de leva situado en su extremo más alejado del eje.

En operación cuando el fluido a alta presión actúa sobre los pistones, los rodillos de leva son empujados contra el anillo de levas que está conectado rígidamente a la carcasa y así produce el torque en el eje. La fuerza de reacción pasa por medio de los rodamientos guía, que están en los mismos ejes de los rodillos de leva, a las dos placas guía que están unidas al bloque de cilindros del eje haciéndolo girar y desarrollar un torque proporcional a la presión del sistema.

Figura 28. **Motor hidráulico de anillo de levas**



Fuente: Hugot (1974). *Manual Para Ingenieros Azucareros*.

El motor hidráulico para su funcionamiento necesita: Motor Eléctrico, bomba hidráulica, tanque de aceite y accesorios. El motor eléctrico es utilizado para manejar la bomba hidráulica, el cual puede ir montado vertical u horizontalmente y la velocidad recomendada para transmisiones hidráulicas es de 1750 revoluciones por minuto.

Las bombas hidráulicas que se usan en los sistemas hidráulicos en general son del tipo de desplazamiento positivo de descarga fija o variable. La función de la bomba hidráulica es, convertir la energía mecánica proveniente del motor eléctrico en energía hidráulica de trabajo, que es, una combinación de energía cinética y presión. El diseño y tamaño del tanque de aceite de una

transmisión hidrostática es de vital importancia para su funcionamiento adecuado. Un tanque bien diseñado además de contener el aceite también sirve para enfriarlo, permite que las materias extrañas contaminantes se asienten, ayuda al enfriamiento y facilita la salida del aire arrastrado en el aceite.

Los principales accesorios son los filtros y el intercambiador de calor. La función de un filtro en un sistema hidráulico es remover la suciedad del fluido hidráulico. Esto lo hace forzando la corriente del fluido a pasar a través de un elemento filtrante el cual atrapa la suciedad. Los filtros en un sistema hidráulico son indispensables pues en gran medida de ellos depende el tiempo de vida del equipo.

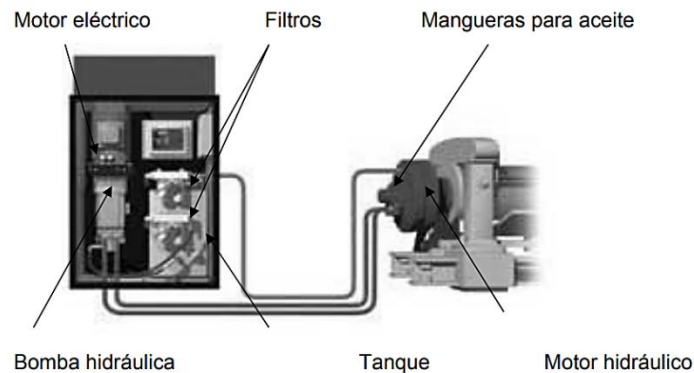
4.3.1. Plan de aplicación

En todo circuito hidráulico hay una parte de la potencia empleada que por la ineficiencia se manifiesta en forma de calor. En el tanque de aceite se espera que se disipe el calor, pero no siempre es así, por lo cual deben usarse intercambiadores de calor con el objetivo de disminuir aún más la temperatura del aceite. El funcionamiento es el siguiente: la energía mecánica proveniente de un motor, generalmente eléctrico, se utiliza para hacer girar una bomba hidráulica. La bomba hidráulica convierte esa energía mecánica en energía hidráulica, presión y flujo, la amplía e impulsa el fluido presurizado a través de tuberías y válvulas hacia el motor hidráulico.

El motor hidráulico convierte la energía hidráulica en energía mecánica, velocidad y torque, para hacer girar su eje el cual moverá la carga aplicada. La velocidad del motor hidráulico depende del desplazamiento y de la tasa de flujo de la bomba hidráulica y el torque depende de la presión y del desplazamiento del motor hidráulico. El aceite es drenado de nuevo al tanque pasando

previamente por filtros y el intercambiador de calor para disponer de él nuevamente.

Figura 29. **Conexión de motor eléctrico, bomba hidráulica, filtros y tanque**



Fuente: Hugot (1974). *Manual Para Ingenieros Azucareros*.

La forma de aplicación de los estabilizadores para aceite se efectúa durante la lubricación del motor hidráulico.

4.3.2. Condiciones de los motores hidráulicos

El motor hidráulico convierte la energía hidráulica en energía mecánica, velocidad y torque, para hacer girar su eje el cual moverá la carga aplicada. La velocidad del motor hidráulico depende del desplazamiento y de la tasa de flujo de la bomba hidráulica, y el torque depende de la presión y del desplazamiento del motor hidráulico. El aceite es drenado de nuevo al tanque pasando previamente por filtros y el intercambiador de calor para disponer de él nuevamente.

4.3.3. Condiciones de los reductores hidráulicos

El motor hidráulico se acopla directamente a la maza cañera, sin necesidad de reductores de velocidad, debido a que es capaz de operar a las bajas velocidades con las que operan los molinos, que regularmente son de 3.5 a 8.5 rpm.

4.3.4. Proyección de resultados

Los datos obtenidos por las mediciones realizadas en la batería de molinos, generaron la potencia real consumida.

HP = Potencia consumida, medida en los terminales de un motor eléctrico

V = Velocidad tangencial de las masas, pie/min

T= Toneladas totales de presión hidráulica aplicadas, ton cortas inglesas

C = Factor de corteza

Diagnóstico de la capacidad con que está operando el tándem: estas determinaciones se realizaron comparando el factor de grueso del colchón real (Gr) con el factor de grueso del colchón óptimo (Go).

Tabla XXVIII. **Factor de grueso del colchón real**

Molinos		1	2	3	4	5
Razón de molida	TMD	2760	2760	2760	2760	2760
Razón de molida	@/día	240 000	240 000	240 000	240 000	240 000
Fibra de caña		0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
Largo de las mazas	pie	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5
Factor del grueso del colchón	(@f/h)/ (pc/min)	6,72	5,9	5,87	6,02	6,30

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XXIX. Velocidades de trabajo de las mazas vrs factor grueso del colchón real

Molinos			1	2	3	4	5
Revolución superior	maza	Rmp	2,19	2,12	2,12	2,13	2,04
Diámetro superior	exterior maza	Pulgada	40,00	40,00	39,88	39,89	39,88
Fibra de caña		Pulgada	3	1,5	1,5	1,5	1,5
Largo de las mazas		pulgada	37,12	38,5	38,37	38,37	38,37
Velocidad Superior	Maza	Pir/min	21,41	21,38	21,31	21,42	20,52

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XXX. Consumo de energía en la planta

Molinos		1	2	3	4	5
Motores primarios						
Motores eléctricos						
Potencia	kW	400		500		500
Velocidad	rmp	585		885		885
Voltaje	volt	6 300		6 300		6 300
Reductor de velocidad						
Tipo		ZTC-710/1120		ZTB-630/1000		ZTB-630/1000
Capacidad nominal	kW	662		515		515
Velocidad nominal de entrada	rpm	900		900		900
Velocidad real de entrada	rpm	585		885		885
Capacidad real de reductores	kW	430		506		506
Razón de reducción	de	30		12,85		12,85

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XXXI. **Consumo de potencia en la planta**

Tipo			Molino1	Molino2	Molino3	Molino 4	Molino 5
Presión total	hidráulica	Ton corta	455	390	355	390	420
Presión hidráulica/pie de maza		rpm	70	60	55	60	65
Factor de corteza			1,5	1,15	1	1	1
Consumo molino	por	kW	293	229	184	194	194
Consumo por motor			293		413		3,88

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4.4. Control de los equipos

Para el control de los equipos es necesario establecer una matriz para el análisis de datos.

4.4.1. Análisis de las fallas

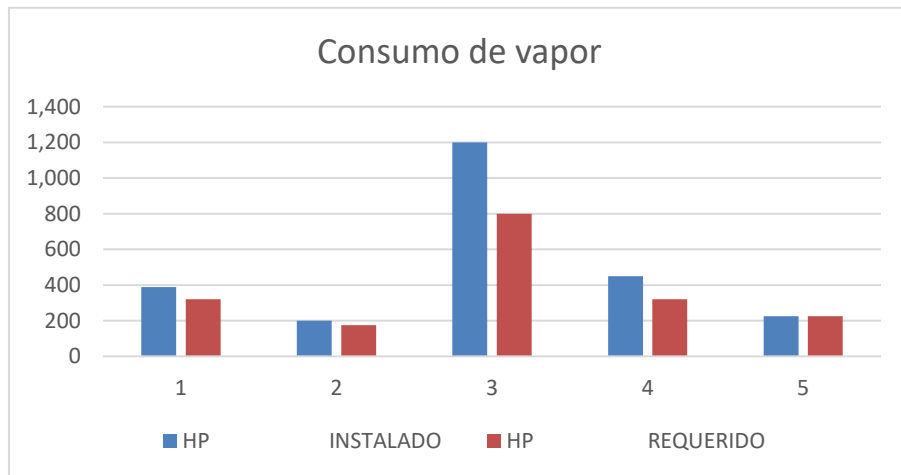
Debido a la existencia de estas anomalías durante el proceso, es necesario interpretar los datos de fallas que se registran durante el período de elaboración del producto, ésta es la principal causa que provoca mayores pérdidas en las empresas, ya que el análisis no se realiza, utilizando generalmente el tipo de mantenimiento correctivo, debido a que no es posible predecir las fallas.

Tabla XXXIII. **Consumo de vapor para molienda**

Item	Turbinas a vapor	Sección calderas	Hp instalado	Hp requerido
1	DRESSER-RAND	Turbo-bomba # 1	388	320
2	TURBODYNE	Turbo bomba caldera 10	200	175
3	DRESSER-RAND	Tiro inducido caldera #11	1.200	800
4	ELLIOT	Tiro inducido caldera # 9	450	320
5	WORTINGTON	Turbo bomba pozo	225	225

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Figura 30. **Consumo de vapor**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

Tabla XXXIV. **Consumos variables de vapor**

Item	Turbinas a vapor	Sección tandem # 1	Tn Caña / Hora	FIBRA % CAÑA	Tn Fibra / Hora
			160	13,2	21,12
			Hp / tn fibra	Hp instalado	Hp requerido
6	TURBODYNE	Molino # 1	17	550	360
7	MURRAY	Molino # 2	17	440	360
8	MURRAY	Molino # 3	17	440	360
9	MURRAY	Molino # 4	17	440	360
10	ELLIOT	Molino # 5	17	600	360
11	DRESSER-RAND	Molino # 6	17	600	360
12	ELLIOT	Desfibrador	40	1.920	845
13	ELLIOT	1° juego de cuchillas	13	300	264
14		2° juego de cuchillas	14	500	296

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

Tabla XXXV. **Consumo de electricidad Kw-Hr/Tn**

Consumo de electricidad Kw-Hr / Tn caña: 12,6		
SECCIÓN PLANTA ELÉCTRICA	KW INSTALADO	KW REQUERIDO
TURBO GENERADOR # 6	5.500	5.000

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

4.5. Recolección de datos

Para la recolección de datos y las evaluaciones del rendimiento de los equipos se debe de tener modelos de registro para su respaldo.

4.5.1. Creación de tablas de datos

Se presenta la tabla para registro de datos para el control de mantenimiento.

Tabla XXXVI. Registro de mantenimiento

EQUIPO:											DEPARTAMENTO:	Operaciones	
FECHA:													
ACTIVIDAD	CONDICIÓN	Empieza	Termina	TIEMPO TOTAL	OCIO Y PEQUEÑAS PARADAS		FALLAS			AJUSTES	ARRANQUE	RED. DE VELOCIDAD	DEFECTOS Y
					LIMPIEZA	OTROS	LUBRICACIÓN	RETENEDORES	PRESITOPA				
	NP												
	P												
	NP												
	NP												
	P												
	P												
	NP												
	P												
	P												
	NP												
P= Paros Planeados													
NP= Paros No planeados													
											TOTAL PAROS PLANEADOS=	0	
											TOTAL PAROS NO PLANEADOS=	0	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.5.2. Control de los equipos

Se presenta la hoja de control para los equipos.

Tabla XXXVII. **Control de equipos**

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL EQUIPO	
Descripción del equipo:	<input type="text"/>
Fecha:	<input type="text"/>
Evaluado por :	Grupo de trabajo TPM.
Confiabilidad/comentarios:	<input type="text"/>
Capacidad/comentario:	<input type="text"/>
Condición general:	<input type="text"/>
Apariencia/limpieza:	<input type="text"/>
comodidad de operación:	<input type="text"/>
seguridad/ambiente:	<input type="text"/>
Comentarios:	<input type="text"/>

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.5.3. Interpretación de los datos

Se presenta el modelo de los datos, donde se obtienen rangos mínimos y máximos, se perciben ligeros beneficios de incorporar este agente lubricante al sistema de cajas reductoras, que a largo plazo y luego de varios ensayos no destructivos podría obtener información relevante que ofrezca datos concluyentes acerca de agregar siempre este tipo de fluido propuesto a las cajas reductoras.

Tabla XXXVIII. Interpretación de datos

		HP INSTALADO	HP REQUERIDO	COEFICIENTE ESPECIFICO DE VAPOR real	COEFICIENTE ESPECIFICO DE VAPOR ideal	FLUJO REAL		FLUJO IDEAL		
SECCIÓN	EQUIPO			CEV (Lb _{vapor} / Hp-Hr)	CEV (Lb _{vapor} / Hp-Hr)	Lb / Hr	Kg/Hr	Lb / Hr	Kg/Hr	
C A L D E R A S	TURBO BOMBA POZO	225	225	18,57	14,33	4.178,25	1.899,20	3.224,25	1.465,57	
	TURBO BOMBA # 1	388	320	17,68	14,08	5.657,60	2.571,64	4.505,60	2.048,00	
	TURBO BOMBA CALDERO # 10	200	175	17,68	14,08	3.094,00	1.406,36	2.464,00	1.120,00	
	VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO CALD. 11	1.200	800	17,68	14,08	14.144,00	6.429,09	11.264,00	5.120,00	
	VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO CALD. 9	450	320	18,57	14,33	5.942,40	2.701,09	4.585,60	2.084,36	
T A N D E M 1	MOLINO # 1	550	360	21,25	17,25	7.650,00	3.477,27	6.210,00	2.822,73	
	MOLINO # 2	440	360	21,25	17,25	7.650,00	3.477,27	6.210,00	2.822,73	
	MOLINO # 3	440	360	22,73	17,63	8.182,80	3.719,45	6.346,80	2.884,91	
	MOLINO # 4	440	360	22,73	17,63	8.182,80	3.719,45	6.346,80	2.884,91	
	MOLINO # 5	600	360	20,33	14,75	7.318,80	3.326,73	5.310,00	2.413,64	
	MOLINO # 6	600	360	20,33	14,75	7.318,80	3.326,73	5.310,00	2.413,64	
	DESFIBRADOR	1.920	845	20,33	14,75	17.178,85	7.808,57	12.463,75	5.665,34	
	1° JUEGO DE CUCHILLAS	300	264	20,33	14,75	5.367,12	2.439,60	3.894,00	1.770,00	
	2° JUEGO DE CUCHILLAS	500	296	22,13	17,48	6.550,48	2.977,49	5.174,08	2.351,85	
T A N D E M 2	MOLINO # 1	1.200	581	18,57	14,33	10.789,17	4.904,17	8.325,73	3.784,42	
	MOLINO # 2	1.400	581	19,55	14,58	11.357,97	5.162,71	8.470,98	3.850,45	
	MOLINO # 3	1.400	581	19,80	14,63	11.501,48	5.227,94	8.500,03	3.863,65	
	MOLINO # 4	1.400	581	19,90	14,65	11.561,90	5.255,41	8.511,65	3.868,93	
	DESFIBRADOR	1.400	1.322	20,33	14,75	26.876,26	12.216,48	19.499,50	8.863,41	
	1° JUEGO DE CUCHILLAS	750	403	20,33	14,75	8.192,99	3.724,09	5.944,25	2.701,93	
	2° JUEGO DE CUCHILLAS	600	452	21,2	14,94	9.582,40	4.355,64	6.752,88	3.069,49	
PLANTA ELÉCTRICA	TURBOGENERADOR ELECTRICO # 6	5500 Kw	5000 Kw	24,91 Lb / Kw-hr	19,21 Lb / Kw-hr	124.554,11	56.615,50	96.050,00	43.659,09	
					P R O C E S O	SECADORAS DE AZÚCAR # 1	7.944,00	3.610,91	7.944,00	3.610,91
						SECADORAS DE AZÚCAR # 2	3.972,00	1.805,45	3.972,00	1.805,45
						SERPENTINES AGUA CALIENTE SECCION CENTRIFUGAS	9.100,00	4.136,36	9.100,00	4.136,36
						TORRE DE SULFITACIÓN	3.500,00	1.590,91	3.500,00	1.590,91
						VAPOR DIRECTO QUE SE VENDE	13.000,00	5.909,09	13.000,00	5.909,09
						VAPOR DIRECTO COMPLEMENTO AL ESCAPE	9.620,00	4.372,73	9.620,00	4.372,73
					TOTAL	369.968,18	168.167,35	292.499,90	132.954,50	

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

4.5.4. Análisis de los datos recolectados

En base a los datos recolectados se mejoró el rendimiento de los equipos, reduciendo las horas de mantenimiento, así como la optimización del consumo de vapor.

4.6. Productividad

Se presenta el resultado de las mediciones del proceso de uso de un molino de caña para las operaciones de molienda.

Tabla XXXIX. **Cálculo de la eficiencia**

Tiempo total(min)	A	720
Tiempo de paros planeados(min)	B	115
Tiempo disponible(min)	$C = A - B$	605
Tiempo de paros no planeados(min)	D	180
Tiempo de operación(min)	$E = C - D$	425
Índice de disponibilidad	$F = E / C$	0,70
<hr/>		
Producción total (kg)	G= BUENA + K	7084,75
Velocidad teórica(kg/min)	H	16,67
Producción teórica (kg)	$I = E * H$	7084,75
Índice de producción	$J = G / I$	1,00
<hr/>		
Producción rechazada (kg)	K	0
Índice de calidad	$L = (G - K) / G$	1
<hr/>		
Eficiencia total del equipo	$F * J * L$	70,25%

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

5. MEJORA DEL PROCESO

5.1. Resultados obtenidos

Se presenta los resultados obtenidos de la evaluación de la propuesta de mejora.

5.1.1. Datos de los motores hidráulicos

Se presenta el consumo de energía en la planta.

Tabla XL. **Demanda de potencia**

Molino No.		1	2	3	4	5
Presión hidráulica	ton corta	455	420	420	420	420
Presión hidráulica/pie de maza	ton corta/pie	70	65	65	65	65
Factor de corteza		1.5	1.15	1.15	1.0	1.0
Consumo por molino	kW	187.5	179	127	111	106
Consumo por motor	kW	187.5	307		217	
Potencia instalada	kW	400	500		320	
Aprovechamiento del motor	%	47	61.3		67.8	
Capacidad de los reductores	kW	380	340		340	
CONSUMO TOTAL DEL TÁNDEM	kW		711.5			

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

5.1.2. Datos de los reductores hidráulicos

Se presenta los datos para los reductores de velocidad.

Tabla XLI. **Reductor de velocidad**

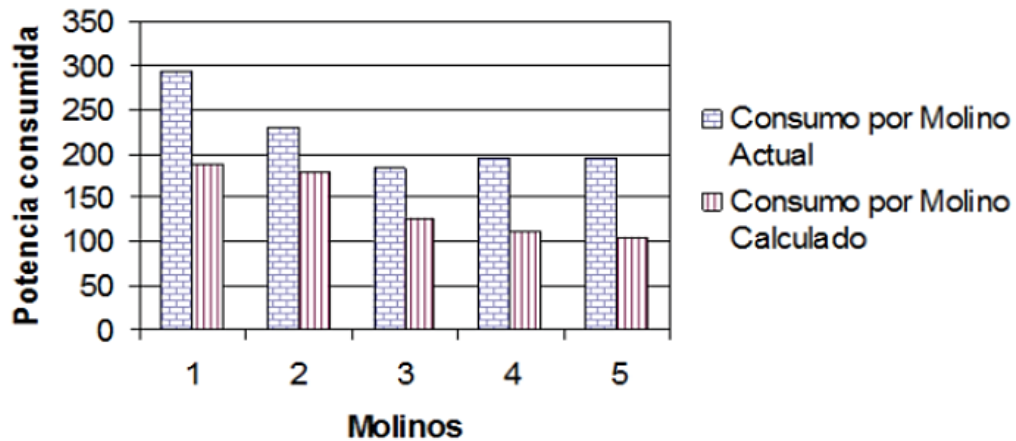
		Reductor de velocidad		
Tipo		ZTC- 710/1120	ZTB-630/1000	ZTB-630/1000
Capacidad nominal	kW	662	515	515
Velocidad nominal de entrada	rpm	900	900	900
Velocidad real de entrada	rpm	585	885	885
Capacidad real de reductores	kW	430	506	506
Razón de reducción		30	12,85	12,85

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

5.1.3. Gráficas de los equipos

Se presenta la potencia consumida por molino utilizado.

Figura 31. **Comparación entre la potencia consumida actual y la potencia calculada**



Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Excel.

5.2. Indicadores de mantenimiento

Se presenta los valores obtenidos de los indicadores de mantenimiento.

5.2.1. Consumo energético

Con los cálculos realizados permite identificar que existe una reserva de energía de 690.3 MW/h, representando un ahorro importante si se tiene en cuenta los 90 días planificados para la zafra, partiendo de conocer que con las medidas tomadas los consumos del tándem calculado arrojan un ahorro de 383.5 kW.

5.2.2. Disponibilidad mecánica

Por los resultados obtenidos se puede observar que disminuyendo la velocidad de las mazas se logra disminuir el consumo de potencia en los molinos

de manera apreciable, en la figura 38, se aprecia como en cada uno de los 5 molinos que tiene el ingenio objeto de estudio las reservas de energía oscilan entre un 25 y un 35.

5.2.3. Cantidad de incidentes resueltos

Como se indicó se realiza una proyección de los diferentes indicadores para los incidentes y accidentes.

5.2.4. Tiempos de paro post estudio

La disminución de paros por fallas en los equipos se describe a continuación.

Tabla XLII. **Tiempos de paros**

Tiempo total(min)	A	720
Tiempo de paros planeados(min)	B	115
Tiempo disponible(min)	$C = A - B$	605
Tiempo de paros no planeados(min)	D	180
Tiempo de operación(min)	$E = C - D$	425
Índice de disponibilidad	$F = E / C$	0,70

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

5.3. Interpretación de los resultados

Se hace interpelación de los resultados obtenidos del estudio.

5.3.1. Análisis de la temperatura de los equipos

Registros de enfriamiento, son cajas de metal que van acopladas a las vírgenes; tienen en su parte superior las salidas de agua de enfriamiento provenientes de las chumaceras de las mazas superior, cañera, bagacera y cuarta maza y un drenaje común en la parte inferior para descargar el agua. Sirven para verificar el flujo normal del agua de enfriamiento y la temperatura que se encuentran; pueden variar en sus medidas y forma, dependiendo del molino en el que se requiera.

5.3.2. Análisis de la presión de los equipos

Los motores hidráulicos convierten la energía operativa de un sistema hidráulico en energía mecánica rotativa. Estos operan creando un desequilibrio que resulta en la rotación del eje. Generalmente son utilizados de la marca Hagglunds Drives, en el que el motor se monta al eje de la masa cañera conducido por medio del eje hueco del bloque de cilindros. La unidad de control consta de un motor (encargado de transformar la energía eléctrica en energía mecánica) acoplado a una bomba hidráulica (encargada de suministrar al motor una presión de trabajo de 250 psi), un filtro en la línea de succión, uno en la de drenaje y uno en la línea de retorno.

5.3.3. Análisis de la productividad

Se presenta el análisis de la productividad en base a la propuesta de mejora.

Tabla XLIII. **Análisis de la productividad en base a la propuesta de mejora**

Tiempo total(min)	A	720
Tiempo de paros planeados(min)	B	90
Tiempo disponible(min)	$C = A - B$	630
Tiempo de paros no planeados(min)	D	100
Tiempo de operación(min)	$E = C - D$	530
Índice de disponibilidad	$F = E / C$	0,84
G= BUENA +		
Producción total (kg)	K	8835,10
Velocidad teórica(kg/min)	H	16,67
Produccion teórica (kg)	$I = E * H$	8835,1
Índice de producción	$J = G / I$	1,00
Producción rechazada (kg)	K	0
Índice de calidad	$L = (G - K) / G$	1
Eficiencia total del equipo	$F * J * L$	84,13 %

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

5.4. **Ventajas y beneficios**

Se describe los beneficios de la propuesta de mejora.

5.4.1. **Mejoras en los equipos**

Las mejoras en los equipos por la utilización de un estabilizador son las siguientes

- Protección anticorrosiva y anti cavitación duradera
- Óptima capacidad de transferencia térmica. Componentes no contaminantes

- Excelente estabilidad térmica y resistencia a la oxidación
- Protección anti desgaste reforzada
- Excelente protección anticorrosiva

5.4.2. Rendimiento energético

En consideración con las potencias de operación consumidas por los nuevos motores, se calcula el costo energético que tendrían estos componentes durante un período de zafra de 180 días.

Tabla XLIV. **Estimación de costos energéticos**

Potencia	Horas – zafra	Energía kW/H/zafra	Costo (US\$)
500 kW	4 300	2 150 000,00	(kW/h) 0,03
			Total 64 500

Fuente: elaboración propia, realizado con Microsoft Word.

5.4.3. Mejora del tiempo de producción

En el área de molinos la tasa de producción se determina a través de la razón de caña molida por hora, o sea el flujo de molienda; indica las toneladas de caña molida por cada hora transcurrida y existen dos formas de interpretarla: toneladas de caña molidas en una hora día calendario o toneladas de caña molida en una hora real de operación. En un tándem de molinos bien operado no deben presentarse pérdidas mayores al 1 % del tiempo de operación.

Ecuación 3

$$TROP=THC-TPOP$$

Dónde:

TROP=tiempo real de operación

THC=tiempo de una hora día calendario programado

TPOP=tiempo perdido en una hora de operación

La hora calendario está definida como el tiempo teórico disponible para la molienda, que en el caso del ingenio es de 24 horas por día. En el tiempo perdido en una hora de operación se consideran las paradas por mantenimiento no programado, tales como paros de maquinaria o puenteo de molinos.

5.4.4. Reducción de los tiempos de paro

El puenteo (bypass) en los molinos se realiza cuando en alguno de ellos se produce un problema que ocasione el paro del mismo durante la operación. Este consiste en detener completamente el molino a través de cerrar la compuerta del conductor intermedio que alimenta el chute del molino, y que la caña continúe su paso a través de una tolva de descarga hacia el siguiente conductor intermedio, durante el tiempo que sea necesario para efectuar las reparaciones pertinentes. En este periodo de tiempo la alimentación a los demás molinos es graduada a manera de evitar su embagazamiento.

5.5. Acciones correctivas

Se describen las acciones correctivas en los equipos y maquinaria.

5.5.1. En los motores hidráulicos

Este proceso es ejecutado en época de no operación por los Departamentos de Servicio y los procesos operativos; el inicio del proceso es la revisión y modificación del plan maestro de mantenimiento del período, esta programación la revisa el jefe de proceso al cual pertenece el mantenimiento. Después de tener el plan maestro de mantenimiento el coordinador del proceso programa los mantenimientos semanales.

La programación semanal la libera el Centro de Planificación para iniciar el mantenimiento con el desmontaje/revisión del equipo. Luego de la revisión del equipo el jefe de mantenimiento analizará si hay necesidad de mantenimiento predictivo externo, si es así gestionará y programará los servicios. Luego de la revisión del equipo el jefe de proceso al cual pertenece el mantenimiento analizará si necesita servicios externos para reparación, si los necesita, los gestiona y programa. Después de la revisión primaria del equipo, el coordinador de turno analizará si son necesarios más recursos materiales y humanos para la tarea y modificará la orden según sea el caso.

5.5.2. En los reductores hidráulicos

Cada mes se verificar estado de aceite, que no se observe espumoso o sucio, verificar apriete de los pernos en la base del reductor.

- Verificar el ajuste de los tornillos de la tapa del acople con luz estroboscópica. No debe observarse ninguno suelto.
- Verificar que no exista sonido anormal en el interior del reductor.

- Cuando el sistema no puede mantener una velocidad de operación continua de 658 RPM se debe verificar estado de aceite, drenar y rellenar, tomar muestras para análisis de aceite, drenar y rellenar seguidamente verificar que no haya fugas en el reductor.

5.5.3. El control de los equipos

Es un factor de control muy importante que debe ser graduado de acuerdo con la cantidad de caña que ingresa al tándem de molinos. Existen rangos admisibles de trabajo para la rotación de las mazas: las consideradas como velocidades altas arriba de 7 rpm, las velocidades bajas de 4 a 5 rpm y las velocidades intermedias que rondan el 6 rpm. La velocidad del molino determina su capacidad, siempre que el contenido de fibra sea consistente. Cuando se opera con velocidades altas se obtiene mayor capacidad de molienda para un determinado tamaño de molino y se presentan menores torques en las transmisiones, en los acoples y en las mazas de los molinos, pero debe monitorearse la velocidad, ya que puede producirse falta de tracción y deslizamiento, además que la carga aplicada por los cabezotes hidráulicos se distribuya en un área más grande con menor intensidad. En cambio, las velocidades bajas permiten aplicar mayores presiones efectivas y dan facilidad en el drenado del jugo, lo que significa que la extracción será mayor, con la condicionante que se pueden arriesgar los componentes mecánicos del molino y su transmisión, cuando la velocidad disminuye demasiado.

CONCLUSIONES

1. Las fallas más recurrentes que ocasionan paros en los motores hidráulicos de los molinos de caña es la ruptura de cadenas, quebradura de dientes, y bases que están flojas, por lo cual, la máquina tiene paros repentinos, y se disparan las protecciones del motor eléctrico.
2. Los formatos diseñados permitirán recolectar datos de las fallas ocasionadas en los elementos mecánicos, mejorar el programa de mantenimiento.
3. El plan de acción que permite ejecutar la aplicación de la nano tecnología de estabilizador de aceite Nano Pro, a los elementos hidráulicos para mejorar el rendimiento mecánico se basa en su uso en los cambios de servicio de lubricantes en los mantenimientos preventivos.
4. Los beneficios de la aplicación de nano tecnología en los fluidos hidráulicos proporcionan el beneficio de renovar las propiedades químicas para sujetar presiones y temperaturas en los equipos en funcionamiento.
5. Los resultados de previos al estudio de balance energético indicaban que no se tiene una eficiencia superior al 80 %, seguidamente de la propuesta de mejora aumente a un 80 % empleando estabilizadores y mejorando las condiciones de operación de los equipos.

6. Es fundamental llevar un registro de las mediciones efectuadas a los equipos, para tener elementos de comparación que nos permitan detectar la progresión de un deterioro.

7. Todas las máquinas vibran, producto de cargas que se generan en ellas. La mayoría de éstas tienen niveles de vibración que permanecen bajos y constantes, pero es conveniente verificar periódicamente en el tiempo, porque pueden generar problemas de fatiga.

RECOMENDACIONES

1. Diseñar un programa de evaluación de los equipos críticos en la operación del ingenio, para poder tomar acciones correctivas o preventivas en base al análisis de la información obtenidas en estas evaluaciones.
2. El personal de mantenimiento es el encargado de efectuar las evaluaciones de equipos y de interpretar la información, debe saber las características de los equipos a evaluar y sus condiciones de operación, entrevistar a los operarios de los equipos para recabar información completa que servirá para alcanzar mejores resultados.
3. Tener una base de datos para llevar un registro de las mediciones efectuadas a los equipos, para tener elementos de comparación que nos permitan detectar la progresión de un deterioro y crear curvas particulares de comportamiento de cada equipo.
4. Es necesario hacer conciencia en el personal de mantenimiento sobre la importancia de la información contenida en el sistema informático para la gestión del mantenimiento, pues al existir faltante de datos o inconsistencia en estos, la calidad de los reportes y el análisis posterior de los datos no será tan provechoso como podría ser, y afectaría el proceso de toma de decisiones orientadas a mejorar el mantenimiento de los equipos.

REFERENCIAS

1. Baumeister, T. (1997). *Manual del ingeniero mecánico*. México: McGraw-Hill.
2. De Groote, J. (1986). *Tecnología de los circuitos hidráulicos*. España: CEAC S.A.
3. Docampo, F. (2007). *Cálculo y optimización de componentes para circuitos hidráulicos. Manual de conferencia sobre automatización o Ingeniería*. España: Universidad de Vigo (Pontevedra).
4. Hannifin, P. (1995). *Manual de Hidráulica Industrial, Programa de desarrollo Profesional en Automatización, UAM Azcapotzalco-Schrader Bellows Parker*.
5. Hugot, E. (1974). *Manual Para Ingenieros Azucareros*. México: Editorial Continental.
6. Maynard, W. (2001). *Manual del Ingeniero Industrial*. México: Editorial McGraw-Hill.
7. Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Pérez, O. y Espinosa, R. (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala, CENGICAÑA*. Guatemala: Artemis Edinter.

APÉNDICES

Apéndice 1. **Grúa de descarga de caña**



Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular.
Guatemala.

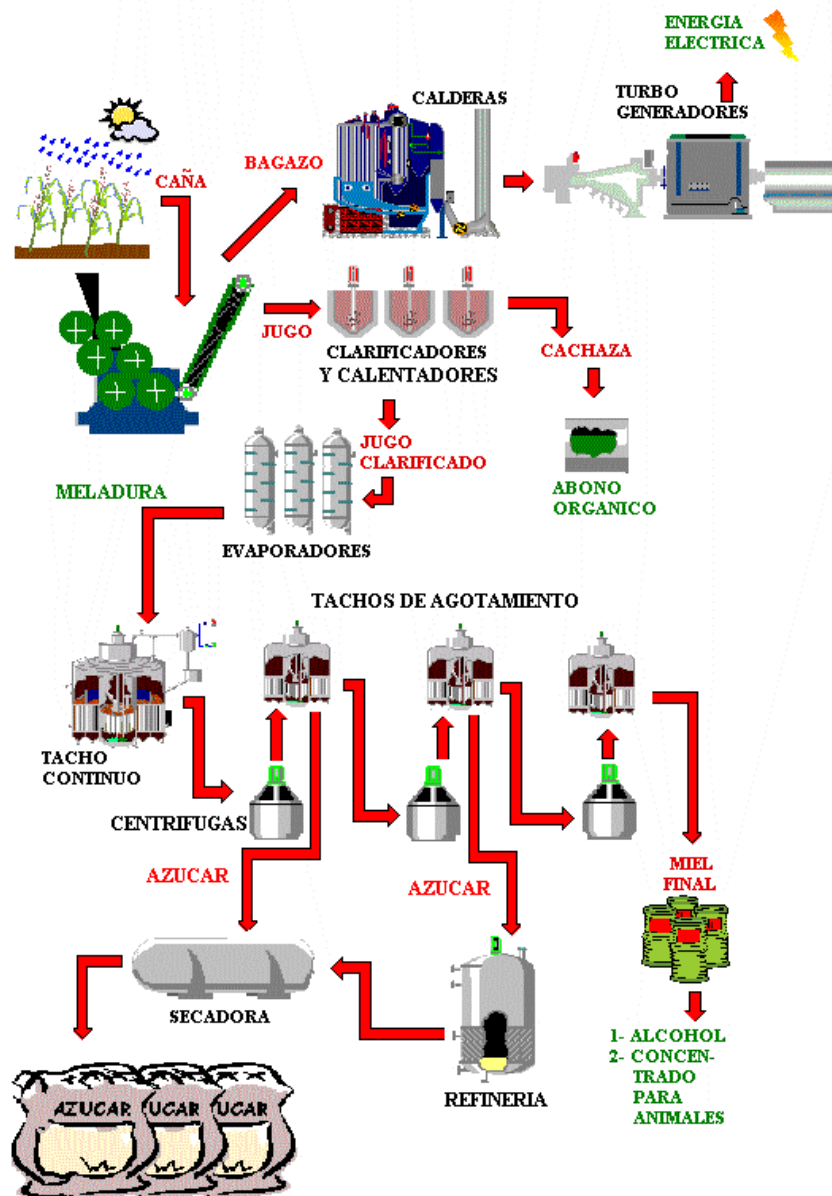
Apéndice 2. **Molino de caña de azúcar**



Fuente: [fotografía de Aarón Morales]. (Escuintla, Escuintla. 2022). Colección particular.
Guatemala.

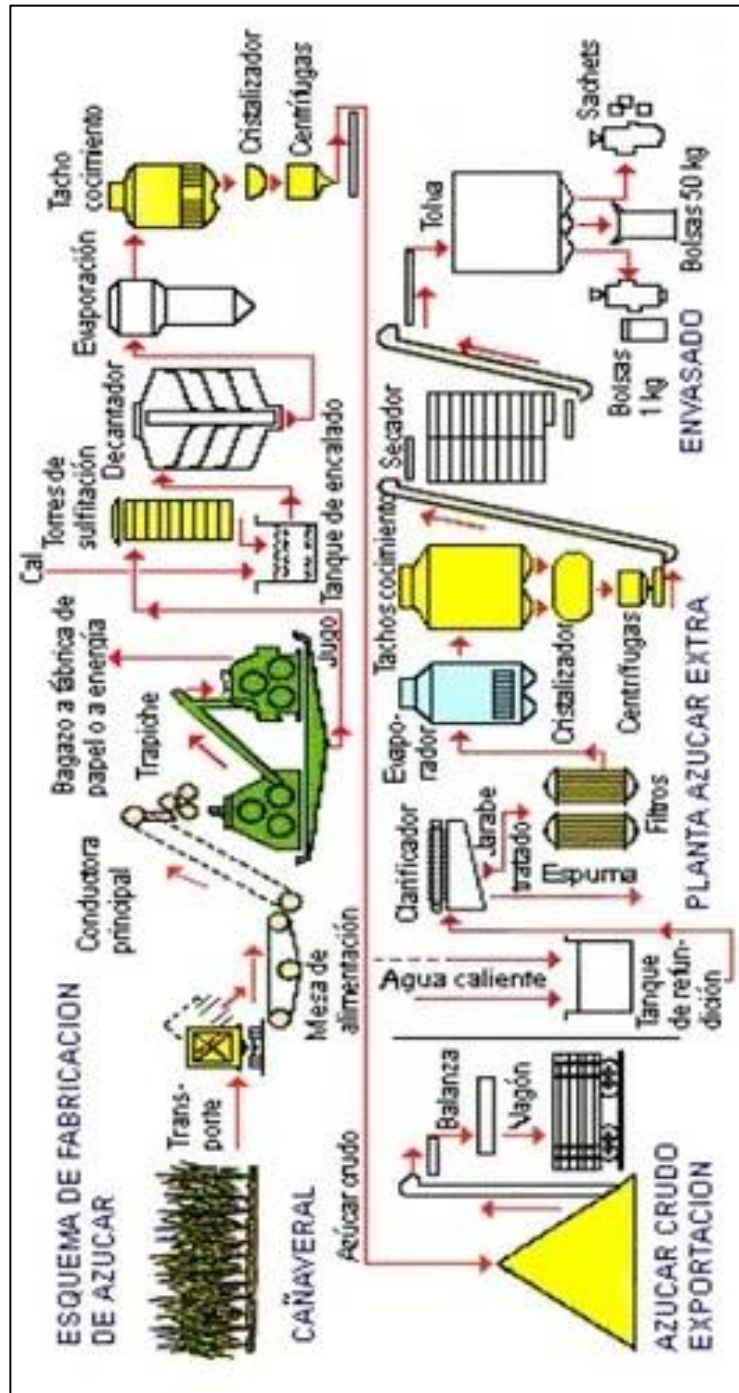
ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de proceso de fabricación de azúcar



Fuente: Melgar, Meneses, Orozco, Pérez y Espinosa (2014). *El Cultivo de la Caña de Azúcar en Guatemala, CENGICAÑA*.

Anexo 2. **Fabricación de azúcar**



Fuente: Hugot (1974). *Manual Para Ingenieros Azucareros*.