



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO INDUSTRIAL**

**PROPUESTA PRÁCTICA DEL EXAMEN DE GRADO O DE FIN DE  
CARRERA (DE CARÁCTER COMPLEXIVO)  
INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL**

**TEMA:**

Optimización de los lubricantes sintéticos para eje de transmisión y dientes rectos de los molinos en la Industria Azucarera Valdez

**Autores:**

Moisés Alejandro Alvarado Ocaña

**Tutor:**

Msc. Manuel Andrés Avilés Noles

**Milagro, enero 2019**

**ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.

Fabrizio Guevara Viejó, PhD.

**RECTOR**

**Universidad Estatal de Milagro**

Presente.

Yo, **MOISÉS ALEJANDRO ALVARADO OCAÑA** en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales de la propuesta práctica de la alternativa de Titulación – Examen Complexivo: Investigación Documental, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor de la propuesta practica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Línea de Investigación **GESTIÓN DE LA CALIDAD (PROPUESTA TECNOLÓGICA)** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta propuesta practica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.



**Moisés Alejandro Alvarado Ocaña**

CI: 0928894286

Milagro, 14 de enero de 2019

## APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL

Yo, **MANUEL ANDRÉS AVILÉS NOLES** en mi calidad de tutor de la Investigación Documental como Propuesta práctica del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo), elaborado por el estudiante **MOISES ALEJANDRO ALVARADO OCAÑA**, cuyo tema de trabajo de Titulación es Optimización de los lubricantes sintéticos para eje de transmisión y dientes rectos de los molinos en la Industria Azucarera Valdez, que aporta a la Línea de Investigación **GESTIÓN DE LA CALIDAD (PROPUESTA TECNOLÓGICA)** previo a la obtención del Grado de **INGENIERO INDUSTRIAL** trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de del Examen de grado o de fin de carrera (de carácter complejo) de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 14 días del mes de enero de 2019



**Msc.Manuel Andrés Avilés Noles**

Tutor

C.I.:092057430-8

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

**Msc. Avilés Noles Manuel Andrés**

**Msc. Zambrano Burgos Velasco Rigoberto**

**Msc. Lopez Briones Jhonny Roddy**

Luego de realizar la revisión de la Investigación Documental como propuesta práctica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **INGENIERO INDUSTRIAL** presentado por el señor **MOISÉS ALEJANDRO ALVARADO OCAÑA**.

Con el tema de trabajo de Titulación **OPTIMIZACIÓN DE LOS LUBRICANTES SINTÉTICOS PARA EJE DE TRANSMISIÓN Y DIENTES RECTOS DE LOS MOLINOS EN LA INDUSTRIA AZUCARERA VALDEZ**



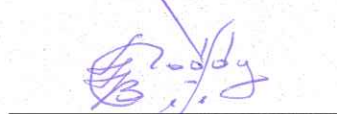
Otorga a la presente Investigación Documental como propuesta práctica, las siguientes calificaciones:

Investigación documental	[ 75 ]
Defensa oral	[ 20 ]
Total	[ 95 ]

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) Aprobado

Fecha: 14 de enero de 2019

Para constancia de lo actuado firman:

	Nombres y Apellidos	Firma
Presidente	<b>Msc. Avilés Noles Manuel Andrés</b>	
Secretario /a	<b>Msc. Zambrano Burgos Velasco Rigoberto</b>	
Integrante	<b>Msc. Lopez Briones Jhonny Roddy</b>	

## **DEDICATORIA**

### **Dios**

Por ser mi guía y la fuente de mi vida. Porque a través de su amor, bendición y de los dones de la sabiduría e inteligencia que me ha dado permitió que esta meta fuera cumplida.

### **A mis padres Pedro Moises y Silvia Cecilia**

Por su apoyo, comprensión, amor y por ser los ángeles que puso Dios en mi vida para guiarme en este caminar. Este triunfo es gracias a su esfuerzo y ejemplo, ya que nunca han dejado de luchar para darme lo mejor, demostrándome su amor en todo momento.

### **A mis hermanas Jennifer y Camila**

Por su ayuda, amor y apoyo. Porque sé que puedo contar con ustedes en todo momento. Gracias por sus consejos, por creer en mí y por hacer mi vida más feliz.

### **A mi familia**

Por acompañarme en todo momento de mi vida, por su apoyo incondicional, cariño y oraciones.

### **A mis educadores**

Catedráticos, profesionales y guías, que, a través de sus conocimientos, experiencias de vida, consejos y apoyo me han guiado y moldeado para convertirme en la profesional y persona que soy hoy en día. Gracias por ser las personas que transforman el mundo.

### **A mis amigos**

Con quienes he compartido muchas experiencias durante todo este proceso de aprendizaje, Dios los bendiga.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios que me supo bendecir para alcanzar esta meta en mi vida la  
Cual a veces la mire lejos, pero al final con esfuerzo, sacrificio y  
fe se logró obtener.

Durante mis estudios y la elaboración de la presente investigación,  
agradezco al Ingeniero Ítalo Mendoza por brindarme  
sus conocimientos dentro y fuera de las aulas.

Al Ingeniero Andrés Avilés, mi tutor de Tesis quien me capacito  
Y supo ayudarme durante la elaboración del proyecto.

# ÍNDICE GENERAL

## Tabla de contenido

DERECHOS DE AUTOR.....	ii
APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA INVESTIGACIÓN DOCUMENTAL .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR .....	iv
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	i
ÍNDICE GENERAL.....	ii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
Optimización de los lubricantes sintéticos para eje de transmisión y dientes rectos de los molinos en la Industria Azucarera Valdez.....	1
RESUMEN .....	1
Optimization of synthetic lubricants for transmission shaft and straight teeth of the mills in the Sugar Industry Valdez .....	2
ABSTRACT .....	2
INTRODUCCIÓN.....	3
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	5
1.1. Planteamiento del Problema .....	5
1.1.1. Problematización.....	5
1.1.2. Delimitación del problema.....	5
1.2. Formulación del problema .....	6
1.2.1. Sistematización del problema.....	6
1.2.2. Determinación del tema .....	6
1.3. Objetivo general.....	6
1.3.1. Objetivos específicos: .....	6
1.4. Justificación del Problema .....	7
MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	8
1. Ejes de trasmisión en un molino.....	8
1.1. Componentes principales de un molino cañero. ....	8
1.1.1. Vírgenes.....	8
1.2. Mazas.....	9

1.3.	Ejes de las mazas. ....	10
1.4.	Coronas .....	12
1.5.	Chumaceras.....	12
1.5.1.	Chumacera Superior. ....	13
1.5.2.	Chumacera de la maza bagacera.....	13
1.5.3.	Chumacera de la maza cañera. ....	14
1.5.4.	Chumacera de la cuarta Maza.....	14
2.	Lubricantes. ....	15
2.1.	Lubricación.....	15
2.2.	Tipos de lubricantes .....	18
2.2.1.	Lubricantes líquidos .....	18
2.2.2.	Aceites Minerales. ....	18
2.2.3.	Aceites Graso.....	19
2.2.4.	Aceites Compuestos. ....	19
2.2.5.	Aceites Sintéticos. ....	19
3.	Ventajas de los aceites sintéticos.....	20
	METODOLOGÍA.....	22
1.	Objeto de investigación .....	22
2.	Campo de acción.....	22
	DESARROLLO DEL TEMA.....	23
4.1.	Análisis de la situación actual.....	23
4.2.	Análisis de costo del aceite mineral asfáltico 460 y el aceite sintético Duolec 1607 27	
4.3.	Comparación de ambos lubricantes. ....	28
	CONCLUSIONES.....	29
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	30

## ÍNDICE DE FIGURAS



<b>Figura 1.</b> Vista lateral de una virgen de molinos.....	9
<b>Figura 2.</b> Maza de Molino .....	10
<b>Figura 3.</b> Diseño de ejes de maza (Eje superior).....	11
<b>Figura 4.</b> Diseño de ejes de maza (Eje inferior) .....	11
<b>Figura 5.</b> Coronas de un molino cañero .....	12
<b>Figura 6.</b> Disposición de las chumaceras en una virgen.....	14
<b>Figura 7.</b> Dientes Rectos del Molino 1 .....	24
<b>Figura 8.</b> Fisuras en los dientes dentados .....	24
<b>Figura 9.</b> Diente dentado de Molino 1.....	25

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Factores que influyen en la lubricación .....	17
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de lubricantes .....	18
<b>Tabla 3.</b> Comparación de un aceite mineral con un sintético .....	21
<b>Tabla 4.</b> Aceites utilizados en los Molino 1 y 2 de Azucarera Valdez .....	23
<b>Tabla 5</b> Características del Aceite Sintético Duolec 1607.....	26
<b>Tabla 6.</b> Análisis de resultados del aceite Duolec 1607 .....	26

# **Optimización de los lubricantes sintéticos para eje de transmisión y dientes rectos de los molinos en la Industria Azucarera Valdez**

## **RESUMEN**

La evolución de las técnicas de mantenimiento en las últimas décadas ha sido siempre cambiando con los avances tecnológicos, lo que ha permitido incrementar la vida útil y mitigar el comportamiento degenerativo interno de los molinos en el área de producción. El uso de los aceites sintéticos tiene como principal función hacer que los sistemas no se averíen y que además permanezcan operativos durante un lapso de tiempo mayor, o cual permitiría mantener una buena gestión económica para la empresa en cuanto a no paralizar su proceso productivo.

Valdez una empresa de más de 100 años en el proceso de elaboración de azúcar y comercialización, se ha visto envuelta en un larga y remitente problemas en cuanto a los daños en la trasmisión de los molinos lo cual genera costos y paralización de los procesos, por lo cual a través de este estudio se pretende implementar el uso de los aceites sintéticos para una mayor optimización de los procesos y ahorro económico en la empresa.

El primer capítulo describe información generalizada sobre el planteamiento del problema y en qué lugar se va a realizar la investigación. Así mismo se menciona en breve las causas que llevaron a la investigación del tema.

El segundo capítulo se refiere a los conceptos en cuanto a las partes que conforman el molino azucarero, cuales son las piezas que están en movimiento y los daños que se originan por el desgaste y la falta de una lubricación correcta. También se mencionada en dicho capitulo la clasificación de los lubricantes, así como el uso de los aceites sintéticos en la actualidad y los beneficios que proporciona.

**PALABRAS CLAVE:** Molino, Ejes de trasmisión, Procesos.

# **Optimization of synthetic lubricants for transmission shaft and straight teeth of the mills in the Sugar Industry Valdez**

## **ABSTRACT**

The evolution of the maintenance techniques in the last decades has always been changing with the technological advances, which has allowed to increase the useful life and to mitigate the internal degenerative behavior of the mills in the production area.

The use of synthetic oils is the main function to make the systems are not breakdown and also remain operational for a longer period of time, or which would maintain good economic management for the company as not to paralyze their process Productive.

Valdez a company of more than 100 years in the process of sugar production and marketing, has been involved in a long and sender problems in terms of damage in the transmission of mills which generates costs and paralysis of the processes , therefore, through this study is intended to implement the use of synthetic oils for greater optimization of processes and economic savings in the company.

The first chapter describes generalized information about the approach to the problem and where the research will be carried out. Likewise, the causes that led to the investigation of the subject are mentioned shortly.

The second chapter refers to the concepts in terms of the parts that make up the sugar mill, which are the parts that are in motion and the damages that are caused by wear and lack of proper lubrication. Also mentioned in this chapter is the classification of lubricants, as well as the use of synthetic oils at present and the benefits that it provides.

**KEY WORDS:** Mill, transmission shafts, processes.

## INTRODUCCIÓN

Las técnicas de mantenimiento durante las últimas décadas han ido evolucionando de manera continua, modificando los componentes de los elementos o equipando con evoluciones tecnológicas ya sea software o equipos robotizados, asegurando un mayor desempeño y optimización de los procesos.

El comportamiento degenerativo y desgaste de los materiales hace unos cuantos años era prácticamente desconocido, obteniéndose como resultado la paralización y pérdida de tiempo en las reparaciones, generando gastos costosos no solo en la compra y su debida sustitución del componente sino también en la paralización del tiempo de producción.

Los mantenimientos en los molinos tienen como principal función no permitir que se averíen y que además permanezcan operativos durante el mayor tiempo posible, pero el desgaste de los componentes en los ejes de transmisión ha conllevado una serie de tiempos prolongados para su reparación, haciendo que la empresa busque una serie de medidas para optimizar y mitigar dichas reparaciones.

El uso de los lubricantes ha sido una parte importante para mitigar los daños que se dan mediante la fricción de los materiales, los cuales permiten a través de su viscosidad una mayor protección en los ejes de transmisión de los molinos, pero durante los últimos años se ha ido desgastando provocando que los procesos no sean eficaces.

Los lubricantes industriales cumplen un campo muy amplio en cuanto su aplicación, de acuerdo al uso ya sea lubricantes económicos, como también otros que son para equipos más costosos, los cuales deben cumplir parámetros más exigentes en su composición.

Las principales aplicaciones en la industria azucarera de los lubricantes son las siguientes: engranajes y baleros, sistemas hidráulicos, motores de combustión interna, rodamientos y ejes de transmisión.

Siendo Valdez una empresa con experiencia de más de 100 años en los procesos de elaboración de azúcar y su comercialización en el mercado nacional e internacional, se ha

visto envuelta en una larga y creciente problemas en los molinos debido al desgaste en su composición de los materiales.

Los cuales han presentado muchos cambios en su infraestructura debido al desgaste de sus piezas que ha sufrido en los procesos de la caña de azúcar, entre dichos cambios se incluye la reparación de piezas y rotulas para tener la capacidad suficiente para cumplir con los índices de molienda.

Como parte de la investigación, fue necesario aplicar el Diagrama de Pareto<sup>1</sup>, con este análisis lo que se busca es comprobar que son pocas fallas las que están provocando mayores problemas en los molinos y que son estas en las que debemos enfocar nuestra energía para su debida reparación.

Para eso se debe identificar los daños más concurrentes dentro de los molinos, también identificar los tipos de mantenimientos que realiza el personal con que cuenta para su realización, herramientas y equipos utilizados para gestionar y solucionar los problemas que se presentan en los molinos.

Para determinar la criticidad de los molinos se analizó los datos históricos de fallas, horas perdidas e importancia en los procesos de producción de estos. Por lo cual se obtuvo que el daño es los desgastes de los ejes de trasmisión<sup>2</sup>, con lo que se llevó a la utilización de aceites sintéticos para su solución.

El seguimiento de la aplicación de este nuevo e innovador tipo de aceite permitirá mantener en correcto funcionamiento y alargamiento de la vida útil de los molinos, disminuyendo los costos y horas de reparación.

---

<sup>1</sup> El Diagrama de Pareto es un gráfico método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales), y las que lo son menos (los muchos y triviales)

<sup>2</sup> Es un sistema se constituye, en uno de los mecanismos más empleados y eficientes para transmitir movimiento entre dos ejes de una máquina.

# CAPÍTULO 1

## PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1. Planteamiento del Problema

#### 1.1.1. Problematización

El desgaste de los ejes de transmisión del Ingenio Azucarero Valdez ha sido un problema constante en los últimos años, debido a la utilización de lubricantes ineficientes que producen daños y paradas constantes en la producción.

Debido a dicha acción se plantea un análisis de la situación actual de los mismos, lo que ayudará a tener una idea clara de las necesidades en cuanto al análisis de implementar un nuevo lubricante que sea más eficiente y así, poder obtener una solución para mitigar dicho problema.

En la actualidad constan de muchas falencias técnicas, mantenimiento y demás conocimientos que conllevan a la obtención de una buena producción. Por tal motivo, ellos requieren tener conocimientos de un proceso correcto en cuanto a la lubricación de nuevos productos utilizados en los molinos azucareros.

La implementación de un nuevo producto en la lubricación de las partes del Molino lograra no solo una eficiencia en su desempeño, sino también en el ahorro económico de costes de mantenimiento y una mayor versatilidad en sus funciones.

Los trabajos a desarrollar a través de esta investigación se deberán enfocar en el cumplimiento de los objetivos trazados, mejorando la productividad y logrando hacer eficientes el nivel de producción en el área mecánica y administrativa en La Compañía Azucarera Valdez.

#### 1.1.2. Delimitación del problema

Objeto de estudio: La industria Azucarera del Ecuador.

Campo de estudio: Compañía Azucarera Valdez S.A.

Línea de Investigación: Mantenimiento en los ejes de transmisión de los molinos

País: Ecuador.

Región: Costa.

Provincia: Guayas.

Cantón: Milagro.

## **1.2. Formulación del problema**

¿De qué manera impacta el uso de los aceites sintéticos en el área de mantenimiento en los molinos en el Ingenio Azucarero?

### **1.2.1. Sistematización del problema**

¿De qué manera incide en el mantenimiento de los molinos aplicando aceites sintéticos?

¿Cómo impacta el uso de los aceites sintéticos en los molinos en la industria azucarera?

¿Cuál es la ventaja del uso de los aceites sintéticos con uno mineral?

¿De qué manera influye económicamente el uso de los aceites sintéticos en la parte de mantenimiento de los molinos del ingenio azucarero?

### **1.2.2. Determinación del tema**

Optimización de los lubricantes sintéticos para transmisión de molinos en la Industria Azucarera Valdez.

## **1.3. Objetivo general.**

Realizar un estudio comparativo para determinar ventajas del aceite sintético, sobre el mineral en la aplicación de los molinos en el Ingenio Azucarero.

### **1.3.1. Objetivos específicos:**

- Conocer mediante un análisis técnico el desgaste de los ejes de transmisión por el uso del lubricante tradicional.



- Comprender el uso del aceite sintético, reemplazando los aceites minerales en el área de Lubricación.
- Aplicar el uso del aceite sintéticos en el área de mantenimiento de los molinos en el Ingenio Azucarero.
- Analizar mediante los resultados los beneficios de su aplicación.

#### **1.4. Justificación del Problema**

La aplicación de este trabajo se basa en la necesidad de controlar y mitigar la fricción en los sistemas tribológicos lubricados y los componentes mecánicos de los molinos, lo cual está relacionado de manera estricta con la eficiencia energética y el ciclo de vida de los componentes de la maquina (molino).

En la actualidad la tribología<sup>3</sup> es muy fundamental en las maquinas moderna, debido que su acción está en las superficies de contacto con deslizamientos o rodadura. La fricción siempre es una acción en los objetos que cumplen funciones de rotación. Sin embargo, es un efecto perjudicial en cualquier mecanismo que se compone por piezas en contacto. Por ello, la lubricación es vital para reducir la fricción y el consiguiente desgaste de la máquina.

---

<sup>3</sup> Es la ciencia que se encarga de estudiar los tipos de fricción, desgaste y la lubricación que se producen por el contacto de un objeto en movimiento.

## CAPÍTULO 2

### MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

#### 1. Ejes de transmisión en un molino.

##### 1.1. Componentes principales de un molino cañero.

Las partes que conforman un molino está conformado por su tipo o tamaño son las siguientes: vírgenes, mazas y sus ejes cuchilla central.

Los molinos tienen un mecanismo que consiste en comprimir la caña entre varias mazas, generalmente tres, el grosor del colchón de caña es variable la maza superior fluctúa durante la molienda; haciendo variable la distancia entre ejes de las mazas y de los mecanismos encargados de accionarlas. (Mendoza-Fernández, 2013) [1].

##### 1.1.1. Vírgenes.

Un molino posee dos vírgenes, que son la armadura lateral, que tienen como principal función soportar las mazas y todos los componentes que conforman el molino. Estas se sujetan a los cimientos de concreto por medio pernos con diámetro y longitud de acuerdo a las dimensiones del molino.

Los cimientos donde se hallan los molinos, está compuesto y diseñado de concreto tipo masivo y es el más fuerte. El diseño de las vírgenes va acorde al tipo y el número de mazas del molino. La distancia entre las vírgenes es acorde por el largo de las mazas y la distancia entre los centros de sus muñones y la dimensión longitudinal del molino.

Están compuestas de acero al carbono fundido, y ubicadas de manera paralela entre sí a una distancia determinada; se montan en bancazos de hierro los cuales se fijan por pernos de anclaje. Los bancazos se sujetan sobre los cimientos de concreto por medio de pernos de diámetro y largo calculados en proporción al tamaño del molino. Poseen tres bisagras por molino, dos que soportan y dan ajustes a las mazas en la parte inferior por medio de pernos de empuje y una a la cuarta maza. (Ríos, 2017) [2]. Como se muestra en le Figura 1.

*Figura 1.* Vista lateral de una virgen de molinos



**Fuente:** Productos para la industria panelera. [www.talleresolaya.com/industria-panelera](http://www.talleresolaya.com/industria-panelera).

## **1.2. Mazas.**

Son cilindros de acero o de fundición gris en su mayoría los cuales se encuentran encamisados en ejes de acero, que se colocan por contracción térmica. Son acoplados en chumaceras de bronce que se encuentran en las vírgenes.

Los cilindros son de grandes dimensiones y su peso oscila entre 12 y 18 toneladas, se componen por un eje de una longitud total de 400 cm y 460 cm, revestidos de una camisa de hierro fundido que oscila entre 122 cm y 215 cm de longitud.

La fabricación original de las camisas es lisa y actualmente en los molinos tienen ranuras circulares distribuidas en su largo. Dicho cambio es por la capacidad de un molino con camisas lisas, es mucho menor que la de un molino del mismo tamaño trabajando a la misma velocidad, pero con camisa con ranuras.

Las mazas presentan un rayado de 45 y 50°. Debido que aumenta la superficie de contacto entre 60 y 90 cm. El eje presenta un muñón en cada extremo, estos giran sobre las chumaceras de fabricación en bronce.

La utilización de mazas con un rayado más fino produce que el tamaño de la caña se reduzca de manera considerable en su paso por el molino, que permite una mayor extracción. También un rayado más profundo facilita el drenaje del jugo. (Aguilar-Castro, 2010) [3].

En la figura 2, se puede observar el diseño de las mazas y sus respectivas ranuras.

*Figura 2.* Maza de Molino



**Fuente:** Ingenio Azucarero Valdez.

### **1.3. Ejes de las mazas.**

Son estructuras forjadas, normalizadas, alineadas, homogeneizadas, de grano fino y con certificados de ultrasonido<sup>4</sup>. Se compran las barras cilíndricas y en el taller mecánico del ingenio se reducen las dimensiones por medio de los tornos, lo cual permite un ajuste en los molinos.

El eje de la maza superior, las diferentes secciones que posee son: comenzando del extremo donde proporciona el movimiento de la transmisión, el eje contiene una sección cuadrada en la cual se acopla a la transmisión; tiene una sección cilíndrica cuñeros, donde se coloca la corona o engrane que transmite el movimiento a las mazas. En las mazas inferiores la única diferencia es que el eje no contiene la parte cuadrada y tampoco para la corona de cuarta maza.

Los ejes de las mazas, incluyen reductores cada vez más modernos que vienen originalmente con terminaciones cuadradas que están listas para acoplarse de manera tradicional a la barra cuadrada. Los cuadrados son colocados del lado del reductor y están diseñados para

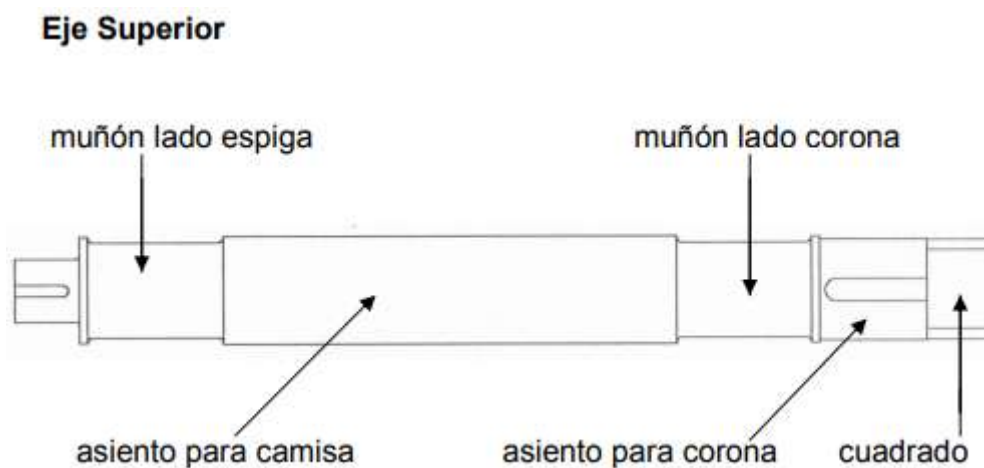
---

<sup>4</sup> son ondas acústicas cuya frecuencia está por encima de la capacidad de audición del oído humano (aproximadamente 20 000 Hz).

funcionar como fusible - un limitador del torque rudimentario, rompiéndose en caso de sobre torque protegiendo así las maquinas conectadas. (C.T. Tosio, 2010) [4].

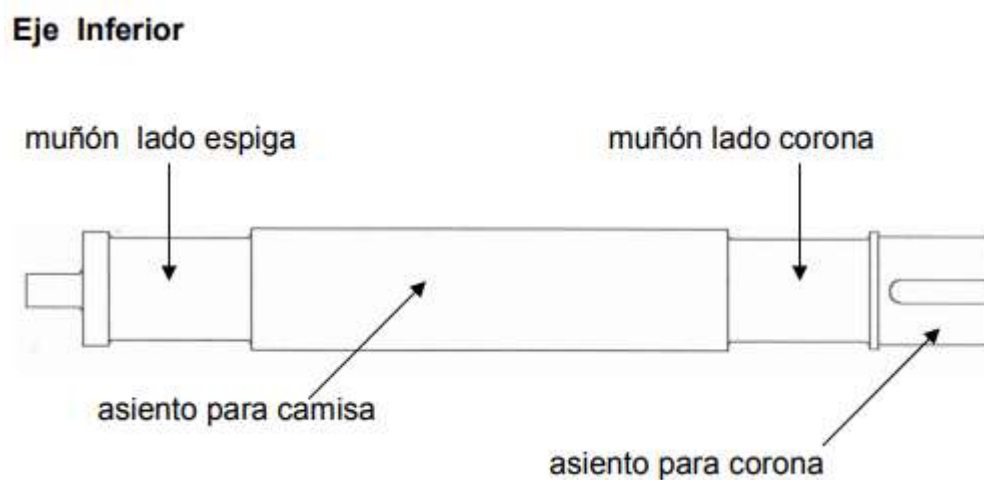
Los ejes de las mazas superior e inferior se pueden apreciar en la figura 3 y 4, respectivamente

*Figura 3.* Diseño de ejes de maza (Eje superior)



**Fuente:** CANO MARROQUÍN, Cesar Augusto. Aplicación de transmisiones hidrostáticas en molinos cañeros. p. 36.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/80748805.pdf>

*Figura 4.* Diseño de ejes de maza (Eje inferior)



**Fuente:** CANO MARROQUÍN, Cesar Augusto. Aplicación de transmisiones hidrostáticas en molinos cañeros. p. 36.  
<https://core.ac.uk/download/pdf/80748805.pdf>

## 1.4. Coronas

La entrada de potencia al molino se ejerce a través del eje de la maza superior y es distribuida de manera continua a los demás ejes de maza por medio de las coronas.

Se lubrican de dos formas: por aspersión con tipos de lubricantes sólidos (grasas) o por lubricantes de tipo asfálticos<sup>5</sup> con el fin de mitigar el desgaste.

*Figura 5.* Coronas de un molino cañero



**Fuente:** Ingenio Azucarero Valdez

## 1.5. Chumaceras

Son cojinetes planos que se caracterizan por ser robustos, en el que giran los muñones de las mazas, están compuestos por tejas de bronce acopladas a una estructura de hierro fundido.

Existen chumaceras que tienen completamente su estructura hecha de bronce, poseen un orificio, en el cual entra el agua de enfriamiento, esta proviene de una cañería que conecta al sistema de enfriamiento; este tipo de agua hace su recorrido por unos compartimientos que se encuentran dentro de la estructura de la chumacera, y sale por otro orificio que esta acoplada por una manguera que se conecta al registro de enfriamiento, de esta forma se

---

<sup>5</sup> Son lubricantes a base de asfalto que presentan una gran adhesividad, se usan en todo tipo de engranajes

dispersa gran parte del calor que se produce entre el muñón y la teja debido a las altas cargas del trabajo que realizan.

Las tejas poseen un orificio transversal paralela al eje de maza en comparación con el muñón, en el que se encuentra el lubricante que es tomada por el muñón de la masa, mientras esta gira.

Las chumaceras son lubricadas de acuerdo a un sistema centralizado de lubricación, en el que se suministra el lubricante d forma periódica para evitar el desgaste de la fricción<sup>6</sup>.

Las chumaceras y los ejes de molino en la mayoría de los casos tienen diversas fallas recurrentes; desgaste y rayado que es producido por el ingreso de jugo que tienen partículas abrasivas especialmente durante la flotación del eje en el molino, cuando el sistema óleo-neumático efectúa el desplazamiento de la maza superior. (CORONADO, 2010) [5].

#### **1.5.1. Chumacera Superior.**

Está compuesta por dos partes, la parte inferior se compone de una teja de su totalidad hecha de bronce. Esta teja se ubica en la virgen y soporta el peso de la maza superior de los muñones la cual van otras chumaceras. Las chumaceras presentan ranuras para el suministro de lubricantes. Como se muestra en la figura 6.

#### **1.5.2. Chumacera de la maza bagacera.**

Se encuentran conformada por una teja que sirve de soporte, los muñones de la maza giran sobre las tejas y presenta en la parte superior un cobertor de metal en forma de medio cilindro, su composición es de acero inoxidable y en la parte interior poseen dos tiras de filtro en los extremos y su objetivo principal es proteger el muñón del bagazo, guarapo, agua y demás contaminantes. Como se muestra en la figura 6.

---

<sup>6</sup> Cuando un objeto se mueve o quiere moverse sobre una superficie, existe una fuerza que se opone a este movimiento

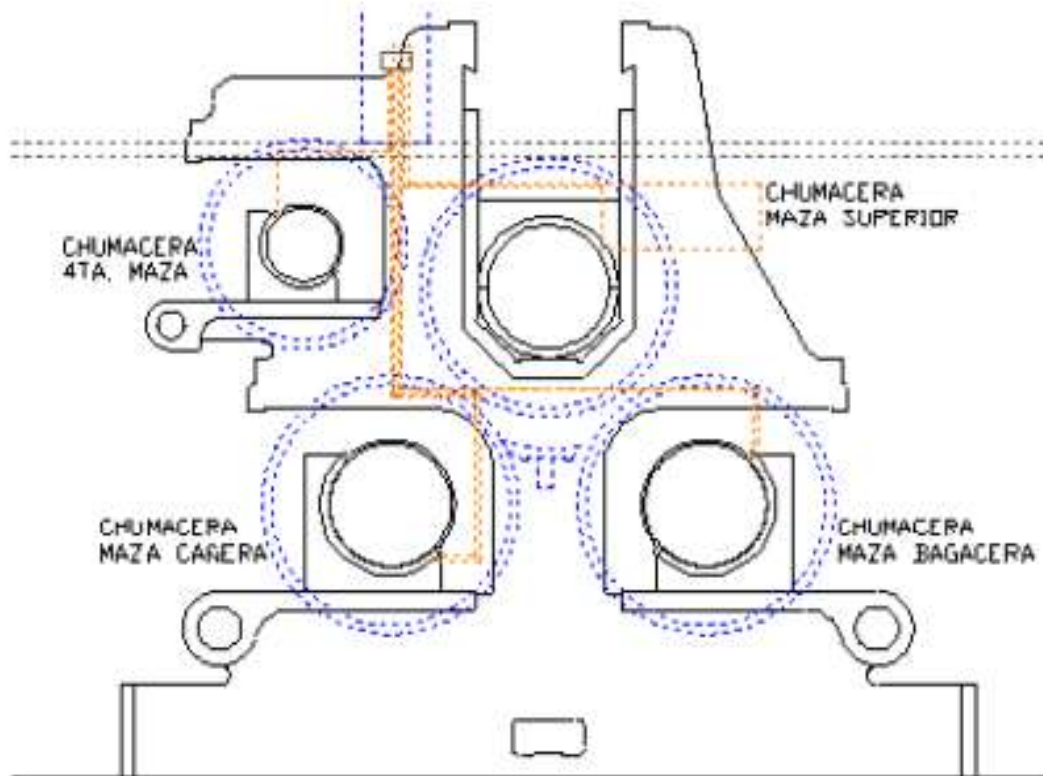
### 1.5.3. Chumacera de la maza cañera.

Es igual a la anterior, la diferencia con su antecesora es que presenta un orificio de lubricación y la forma que se ubican en las vírgenes.

### 1.5.4. Chumacera de la cuarta Maza.

La teja de la chumacera de la cuarta maza forma un cilindro completo, no se halla dividida como las anteriores, pero comparada en dimensión, esta es de menor tamaño, su composición es de acero inoxidable.

Figura 6. Disposición de las chumaceras en una virgen



Fuente: ESTRADA MARROQUÍN, LUIS. Mejoramiento del consumo de lubricantes por tonelada de caña molida de los sistemas de lubricación de chumaceras.



## **2. Lubricantes.**

Los lubricantes tienen un papel importante en el proceso de producción, ayudando en la reducción de la arruga, fractura prematura y afinamientos muy localizados del espesor de la chapa. Para ello, el lubricante debe ser capaz de reducir la fricción a niveles bajos, pero no tan bajos a punto de promover otros tipos de defectos como la arruga de la chapa. (Folle, 2017) [6].

La experiencia ha demostrado que los lubricantes son un factor crucial para cumplir el deseo de un rendimiento cada vez mayor. Además, requisitos estrictamente técnicos, aspectos de la economía y la ecología están recibiendo cada vez más atención en la selección de lubricantes. (Siebert H. , 2010) [7].

### **2.1. Lubricación**

La lubricación se define como la mitigación de la fricción, roce o desgaste en el que se genera en la superficie de los cuerpos en rotación, por el contacto con otro elemento el cual es el lubricante.

Cada vez que un cuerpo comienza a moverse, se genera una fuerza contraria al movimiento la cual se opone al desplazamiento, esta fuerza se llama fricción, es vencida cuando el cuerpo se pone en movimiento. El contacto de los cuerpos genera calor y gasto de energía e incrementa de manera proporcional el desgaste.

Se conoce también como el proceso que tienen como objetivo disminuir las cargas de roce por rotadora, de forma que los lubricantes al ser insertada entre dos elementos móviles, logra los propósitos previamente mencionados. (Budynas, 2008) [8].

En sentido más amplio, son sustancias que se interponen entre dos superficies, generalmente en movimiento, para reducir la fricción entre ambas. Reducir la fricción significa disminuir el desgaste de los materiales y también la energía que se precisa para provocar dicho movimiento. (Lluch, 2011) [9].

### **2.1.1. Lubricación Hidrostática.**

Este régimen es usado para maquinas, las cuales operan a velocidades bajas o durante el arranque de las misma. Posee una película delgada que se adhiere al material otorgándole un grado de viscosidad<sup>7</sup> en el movimiento que efectúa.

### **2.1.2. Lubricación Hidrodinámica.**

Es denominada como lubricación total o líquida, su principal característica es que las superficies de los cuerpos que están en movimientos se encuentran separados por una película gruesa del lubricante seleccionado. Esta condición se origina debido al eje en movimiento y el rastro que efectúa el lubricante por el desplazamiento, lo que origina una zona de sobrepresión y una con falta de presión alrededor del eje en movimiento. (Rodríguez, 2007) [10].

### **2.1.3. Lubricación Mixta.**

Representa el estado intermedio entre lubricación límite e hidrodinámica. Una selección incorrecta en el aceite, al igual que una disminución en el grado de viscosidad, origina un mecanismo que funciona bajo esas condiciones. En dicho caso el espesor del lubricante es similar al promedio de ambas superficies y no se logra obtener un flujo laminar<sup>8</sup>.

### **2.1.4. Lubricación Límite.**

Esta condición de lubricante se hace muy delgada para dar un régimen de separación entre ambas superficies en rozamiento y como consecuencia se produce desgaste en las superficies de contacto. Por lo tanto, las cualidades de protección contra la fricción y desgaste se determinan por la naturaleza química del lubricante que por las propiedades del mismo.

---

<sup>7</sup> Es una medida de su resistencia a las deformaciones graduales producidas por tensiones cortantes o tensiones de tracción

<sup>8</sup> Fluido que se mueve en láminas paralelas sin entremezclarse y cada partícula de fluido sigue una trayectoria suave, llamada línea de corriente.

### 2.1.5. Lubricación Elastohidrodinamica (EHL).

La deformación elástica de las superficies que se encuentran en contacto atrapa al lubricante, sometidos a una elevada presión, lo cual produce un incremento en su viscosidad y capacidad de transportar y soportar dicha resistencia.

Estado en el cual las condiciones se logran a través del movimiento relativo del par friccionante, en este estado resaltan las características del lubricante ya que el coeficiente de fricción depende de la viscosidad. (LIMA, 2013) [11].

El funcionamiento elastohidrodinamica es en la mayoría de las aplicaciones el punto deseado de trabajo. esta caracterizado por áreas de contacto pequeñas y presiones altas. Estas presiones altas provocan ciertas variaciones de viscosidad del lubricante produciendo deformaciones en los sólidos debido al contacto. (Mingo, 2016) [12].

*Tabla 1.* Factores que influyen en la lubricación

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
<b>Viscosidad del Lubricante</b>	Es el factor más influyente si la viscosidad es baja, significa que el lubricante es delgado. Si la viscosidad es alta, el espesor de la película puede restringir el movimiento relativo de ambas superficies.
<b>Diseño del elemento de maquina</b>	La forma de las superficies debe favorecer la formación de la película de aceite. Por lo tanto debe estar un espacio entre amabas superficies móviles para la correcta lubricación.
<b>Alimentación del lubricante</b>	El método de alimentación ya sea manual o por algún sistema de lubricación (automático, centralizado, baño, niebla, por goteo, etc.) debe ser el adecuado.
<b>Carga de trabajo</b>	A cualquier temperatura dad, un incremento de la carga tendera a disminuir la película de aceite del mismo. Una carga de manera excesiva promueve la fricción y por consecuente el desgaste de los equipos.

<b>Condiciones del medio de trabajo</b>	Se denomina a las distintas amenazas en contra del lubricante producidas por el medio en que se encuentra, ya sea por el polvo del medio, el lavado por agua de los elementos de máquina, etc.
---	--

**Fuente:** Gestión de mantenimiento, para la selección y aplicación de lubricantes. Año 2006.

file:///C:/Users/Usuario/Downloads/aceites%20propiedades%20tesis.pdf

## 2.2. Tipos de lubricantes

De acuerdo a la tabla 2, se puede apreciar los diferentes tipos de lubricantes existentes.

*Tabla 2.* Clasificación de lubricantes

DESCRIPCION	CARACTERISTICA
<b>Lubricantes Gaseosos</b>	Se encuentran en su fase gaseosa. El más utilizado es el aire a presión formando un colchón entre ambas piezas.
<b>Lubricantes Líquidos</b>	Los más utilizados son los derivados del petróleo
<b>Lubricantes Semisólidos</b>	Poseen una viscosidad mayor que los líquidos. Poseen una película lubricante por más tiempo. Se engloba a las grasas.
<b>Lubricantes Sólidos</b>	Genera películas fuertemente unidas a las superficies metálicas, dando coeficientes de fricción bajos.

### 2.2.1. Lubricantes líquidos

Los lubricantes líquidos, pueden clasificarse a partir de las características u origen del aceite base que presentan, los cuales pueden ser llamados aceites, minerales, grasos, compuestos y sintéticos.

### 2.2.2. Aceites Minerales.

Los aceites minerales proceden del petróleo, y son transformados en refinerías o plantas de producción. Este tipo de lubricante es el más utilizado industrialmente, pero se ve amenazado por el avance tecnológico de los aceites sintéticos. De acuerdo al costo operacional, propiedades y ventajas tecnológicas que poseen estos lubricantes.

Están constituidos en su composición por tres tipos de compuestos: parafínicos<sup>9</sup>, nafténicos<sup>10</sup> y aromáticos, siendo los primeros que tienen una mayor proporción (60 a 70%), por desarrollar las mejores propiedades de lubricantes, pero siempre hay compuestos naftalénicos y aromáticos que genera propiedades que no tienen las parafinas (Gulf., 2012) [13].

### **2.2.3. Aceites Graso.**

Son aceites de origen vegetal y animal. Fueron los primeros lubricantes utilizados en la humanidad, estos se sustituyeron a través del tiempo por los aceites minerales como resultado de los avances científicos tecnológicos. Los aceites grasos presentan una baja resistencia a la oxidación<sup>11</sup>, se ponen rancios al poco tiempo de usos, su calidad no es uniforme. De acuerdo a su origen se clasifican en: aceites vegetales y aceites de origen animal.

### **2.2.4. Aceites Compuestos.**

Es un aceite de petróleo el cual se le ha añadido aceites grasos. Como se menciona consiste en la mezcla de aceite graso y minerales, la adición de aceite graso supera el 30 %.

### **2.2.5. Aceites Sintéticos.**

Este tipo de aceite no tiene como base elementos producidos por el refinamiento del petróleo, lo cual su base no es de origen mineral, este tipo de aceites está formado por moléculas artificialmente combinadas de petróleo, y otras materias.

Los aceites sintéticos se han convertido en lubricantes de elección para muchas aplicaciones debido a su reducción de fricción y características de vida extendida tienen coeficientes relativamente bajos de fricción, lo que reduce la cantidad de interna fricción. Los índices de también les permiten ser utilizado en un rango de temperatura más amplio en comparación con aceites minerales. (Whitby, 2013) [14].

---

<sup>9</sup> Compuestos que no reaccionan con los reaccionantes más corrientes: ácidos y bases fuertes o notables agentes oxidantes como el permanganato potásico (MnO<sub>4</sub>K).

<sup>10</sup> Tipo de compuesto orgánico de carbono e hidrogeno que contiene una o más estructuras cíclicas saturadas,

<sup>11</sup> Es la reacción que resulta del ataque del oxígeno a cualquier otra sustancia.

El cambio de aceite de base mineral a sintético son una forma simple y altamente efectiva de minimizar el desgaste y mejorar la eficiencia energética. (Siebert H. , 2012) [15].

De acuerdo a los tipos de aceites sintético en el campo Industrial se clasifican en: hidrocarburos sintetizados que son productos sintetizados a partir del petróleo crudo, los esteres orgánicos los cuales se forman por la reacción química de ácidos y alcohole. La otra rama son los éteres de fosfato y ácido fosfórico que su fórmula es por la reacción de fenoles o alcoholes con anhídrido fosfórico.

### **3. Ventajas de los aceites sintéticos.**

Los aceites lubricantes están constituidos molecularmente por base lubricante y aditivos<sup>12</sup>; dependiendo del uso, una parte mineral (proveniente del petróleo crudo o hidrocarburiifera), la otra parte sintética o vegetal siendo la primera opción de mayor porcentaje en su composición. (GUILLÉN, 2013) [16].

Tienen la capacidad de ser usados por más tiempo antes que se produzca un grado de degradación. Generan menos residuos (lodos y lacas) en cuanto a un alto nivel de refinería. Son resistentes en la oxidación, a la hidrólisis y resisten mejor las pérdidas por evaporación. Son más caros en el mercado, pero llegan a determinar un ahorro en cuanto a mantenimiento en el desgaste de los equipos.

En general, los lubricantes sintéticos presentan las siguientes propiedades:

- Mayor índice de viscosidad
- Mayor fluidez a baja temperatura
- Mayor estabilidad térmica y a la oxidación
- Menor volatilidad

En la tabla 3, se puede observar la comparación de un aceite mineral con un sintético en cuanto a la eficiencia que otorga en una fábrica.

---

<sup>12</sup> Son sustancias químicas activas que se añaden a los aceites para formar el lubricante final y así mejorar las propiedades existentes o añadirle nuevas.

**Tabla 3.** Comparación de un aceite mineral con un sintético

N.	PARÁMETRO ANALIZADO	TIPO DE LUBRICANTE				
		Mineral	Sintético			
1	Tiempo entre cambios de aceite, meses	B	A			
2	Costo del galón de aceite	B	A			
3	Volumen total de aceite del equipo, galones	I	I			
4	Costo del volumen total de aceite	B	A			
5	Consumo de energía por fricción, Kw / h	A	B			
6	Costo del Kw / h	I	I			
7	Ahorro total por menor consumo de energía	N	A			
8	Paradas de planta (mantenimiento y reparación)	A	B			
9	Consumo de combustible	A	B			
10	Costo horas-hombre	I	I			
11	Tiempo para cambio de aceite y limpieza interna del equipo	A	B			
12	Costo total para cambio de aceite y limpieza interna del equipo	A	B			
13	Protección contra el desgaste	NM	A			
14	Vida útil de equipos	NM	A			
15	Consumo de repuestos	NM	B			
16	Cantidad de producto para limpieza interna del equipo, galones	A	N			
17	Costo del galón producto de limpieza	B	N			
18	Costo total producto de limpieza	B	N			
19	Confiabilidad de los equipos y de los procesos	NM	A			
20	Biodegradabilidad	B	A			
21	Toxicidad	A	B			
		A: Alta	B: Baja	I: Igual	N: Ninguna	NM: Normal

**Fuente:** Lubricantes sintéticos, selección y ventajas

El aceite sintético dentro de la industria posee las siguientes ventajas:

- Menor consumo de energía mediante el control de la fricción fluida
- Reducción del desgaste
- Disminución de la temperatura de trabajo
- Reemplazo de varios grados ISO por uno solo
- Altas frecuencias entre cambios de aceite
- Compatibilidad con los procesos
- Menos paros en la producción
- Control de la herrumbre y de la corrosión
- Resistencia a contaminantes, como gases de hidrocarburo

## CAPÍTULO 3

### METODOLOGÍA

La investigación es *aplicada* debido que se centra en encontrar mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto en cuanto a la solución del problema y ahorrar costo de mantenimiento, en cuanto a la aplicación de lubricantes que pueda ser de utilidad. Por consiguiente, el tipo de ámbito que se aplica es muy específico y bien delimitado, ya que no se trata de explicar una amplia variedad de situaciones, sino que más bien se intenta abordar un problema específico.

La cual sus bases están acordes con la investigación y las posibilidades para realizarla, y se desarrolla del supuesto de que la investigación es imprescindible en la formación profesional, debido que genera nuevos conocimientos lo cual permita, que realimentan las disciplinas y el ejercicio profesional. (Cordero, 2010) [17].

La metodología aplicada es la *metodología de la investigación* que es una disciplina del conocimiento la cual está encargada de elaborar, definir y sistematizar un conjunto de variables, técnicas, métodos y procedimientos que deben seguir un proceso cronológico de investigación para la generalización de conocimiento.

La metodología de la investigación científica está constituida por que contiene una parte de métodos, categorías, leyes y procedimientos que sintetizan los esfuerzos de la investigación hacia una la solución y proporciona un máximo de eficiencia. (ROSA JIMÉNEZ PANEQUE, 2012). [18].

A continuación, se presenta un afiche de los campos de investigación:

#### **1. Objeto de investigación**

Optimización de los lubricantes sintéticos para transmisión de molinos en la Industria Azucarera Valdez

#### **2. Campo de acción.**

Área de mantenimiento en el ingenio azucarero Valdez



## CAPÍTULO 4

### DESARROLLO DEL TEMA

#### 4.1. Análisis de la situación actual

El ingeniero azucarero Valdez en el área de los molinos utiliza algunos tipos de aceites sintéticos lo cual promueve una protección en sus equipos y el ciclo de vida útil. De acuerdo a la información proporcionada en la tabla 4, por el área de lubricación, se constató el uso de los aceites y su función en los molinos.

*Tabla 4.* Aceites utilizados en los Molino 1 y 2 de Azucarera Valdez

DESCRIPCION	U/M	APLICACION
Aceite MobilGear 600 XP 680	Galón	Uso en chumaceras Transmisiones de Molino 1 y2
Mobil Gear SHC 680	Galón	Uso en reductores Molino 1
Aceite Sintetico Power Press	Litro	Uso de lubricación de Cajones De bronce de molino 1 y 2
Aceite Sg- Hot Bearing	Galón	Uso en chumaceras de bronce
Aceite Sg-Assembly & break in lubricants	Galón	Uso en asientos de mazas de Molino
<b>Aceite Duolec 1607</b>	<b>Galón</b>	<b>Uso en reductores de Conductores Ec- 109 y Ec – 110</b>
Aceite Bel Ray Sugar Clear Gear Lubicqant Heavy	Litro	Uso en coronas de molinos 1 y 2
Aceite Sintetico Agm 12 EP	Galón	Uso en transmisión diente recto Molino 1

**Fuente:** Azucarera Valdez (CAVSA)

En los ejes de trasmisión y en los dientes dentados del molino se utiliza un aceite mineral el cual origina rupturas en los dientes rectos, causando paradas por mantenimiento en los molinos.

Las fracturas son causadas por la descomposición de lubricación, grandes grietas en los rodamientos a menudo crean confusión de " agrietamiento por fatiga ", que se produce debido al ciclo de estrés repetitivo. (Muzakkir, 2011) [19].

En el análisis, el principal mecanismo de desgaste era el desgaste por abrasión y adherencia. Se observó ranuras en el disco de metal y la superficie como se muestra en otras investigaciones. (Chen, 2018) [20].

De acuerdo a los análisis técnicos en los molinos de la Compañía Azucarera Valdez, se observó daños en los dientes dentados debido a la utilización de aceites minerales para la lubricación de estos.

Como consecuencia se originaron daños en la estructura de los dientes dentados y desgaste, los cuales provocaron una ruptura del eje. Las causas según el análisis fueron debido a un

Picado destructivo, el cual se vio en el asentamiento de los engranajes lo cual provoco tensiones sucesivas y sobrecarga, como se muestra en la figura 7.

**Figura 7.** Dientes Rectos del Molino 1



**Fuente:** Ingenio Azucarero Valdez (Área de Mantenimiento)

Como se puede apreciar los daños surgen por la presión y la falta de lubricación correcta en los dientes rectos, esto origina daños en la estructura del material originando brechas cual provoca surcos y fisuras.

Estas fisuras que se encontraron en el material se inician desde la superficie penetrando y originando surcos profundos. Estos surcos como se puede apreciar en la figura 8, debilitan el material y con el ritmo de trabajo provocó una ruptura y baja en el funcionamiento de los molinos.

**Figura 8.** Fisuras en los dientes dentados



**Fuente:** Ingenio Azucarero Valdez

Se puede apreciar la porosidad y la falta técnica del lubricante para rellenar dichas brechas para proteger y servir de amortiguador en la presión de los ejes dentados, en la figura 9 se puede apreciar las partes afectadas. Acorde a este análisis se percató la necesidad de implementar un tipo de aceite sintético para el correcto funcionamiento y mitigar los costos de reparación.

*Figura 9.* Diente dentado de Molino 1.



**Fuente:** Ingenio Azucarero Valdez

Para mitigar los daños originados por la implementación de aceites minerales en vez de sintético se buscó un tipo de aceite que cubra las necesidades de mantenimiento de dichos equipos.

El aditivo de doble efecto Duolec 1607, imparte propiedades sinérgicas<sup>13</sup> a los lubricantes, brindando protección contra la presión extrema y que reduce el desgaste. El resultado de una tecnología revolucionaria diseñada específicamente para su uso en lubricantes para engranajes LE.

Aumenta la resistencia de la película de aceite y se activa por temperatura para proporcionar una capa protectora que suaviza las superficies metálicas y minimiza los efectos de cualquier contacto, lo que reduce la fricción y evita el desgaste de la superficie.

En la tabla 5 y 6 se puede observar las características técnicas que posee el aceite Duolec 1607

---

<sup>13</sup> Un fenómeno por el cual actúan en conjunto varios factores, contrariamente o varias influencias, observándose así un efecto, además del que hubiera podido esperarse operando independientemente, dado por la causalidad, a los efectos en cada uno. En estas situaciones, se crea un efecto extra debido a la acción conjunta o solapada, que ninguno de los sistemas hubiera podido generar en caso de accionar aisladamente.

**Tabla 5** Características del Aceite Sintético Duolec 1607

<b>Características físicas típicas</b>	
Color	Púrpura
ISO VG	460
Grado AGMA	7 EP

**Fuente:** Laboratorio de tribología

**Tabla 6.** Análisis de resultados del aceite Duolec 1607

<b>Resultados de la prueba de rendimiento</b>	
Densidad relativa ASTM D1298	0.887
Viscosidad a 100 ° C, cSt, ASTM D445	35.0
Viscosidad a 40 ° C, cSt, ASTM D445	483.0
Índice de viscosidad ASTM D2270	109
Punto de inflamación ° C (° F), (COC), ASTM D92	210 (410)
Punto de vertido ° C (° F), ASTM D97	-15 (-5)
Prueba de herrumbre 4 horas a 60°C, mar H2O, ASTM D665B	PASS
Corrosión de cobre 3 hrs a 100°C, ASTM D130	<10
FE-8 Desgaste del rodamiento D-7.5 / 80-80, pérdida de rodillo, mg. DIN ISO 51819-3	14+
FZG, falla en la capacidad de carga, etapa A / 8.3 / 90, ISO 14635-1	75 (34)
Desgaste de cuatro bolas a 75°C, 1200 rpm, 40 kgf, 60 minutos, desgaste mm, ASTM D4172	0.33
Características de la emulsión a 54 ° C o @ 82 ° C **, ml de agua / ml de emulsión en minutos, ASTM D1401	40/40/0 – 15
Características de espumación a 24°C / 93.5°C / 24°C, 3 secuencias, ml de espuma / tiempo de rotura, ASTM D892	0/0, 0/0, 0/0

**Fuente:** Laboratorio de Tribología

De acuerdo a los análisis técnicos se comprobó que el aceite sintético Duolec 1607, posee características que benefician, los cuales son:

- Mantiene el rendimiento en condiciones extremas
- Posee alta resistencia de película.
- Permanece estable a pesar de las altas temperaturas.
- Resiste la oxidación y la formación de lodos.
- Proporciona protección contra el desgaste y EP / antiesceros.
- Se adhiere al metal (Eje de transmisión)
- Contiene un agente de adherencia estable al corte que permite que el aceite se adhiera a los componentes metálicos
- Permanece pegajoso durante el uso de alta cizalla
- Resiste la humedad

- Se separa fácilmente del agua y continúa proporcionando una lubricación efectiva.
- No forma espuma, causando un aumento de la fricción y una lubricación deficiente
- Filtrable
- No contiene sólidos que puedan eliminarse durante la filtración.
- Permanece dentro del grado de viscosidad después de la filtración.

#### **4.2. Análisis de costo del aceite mineral asfáltico 460 y el aceite sintético Duolec 1607**

Se analizó el consumo estimado de ambos aceites durante el tiempo de zafra, la cual inicia entre mayo y diciembre de cada año (aproximado de 180 días).

$$CONSUMO DE ZAFRA = CANTIDAD DE GALONES DIARIOS \times DURACION DE ZAFRA (DIAS)$$

El aceite mineral a diario tiene un consumo de 9 galones, aplicando la fórmula se obtiene lo siguiente:

$$CONSUMO ZAFRA ( Aceite mineral 460) = 9 * 180 = 1620 \text{ galones}$$

Cada tanque de mineral asfáltico tiene una equivalencia de 55 galones, por lo que tiene un promedio de consumo de **29.45** tanques por zafra.

Se realizó el mismo análisis analítico al aceite sintético y se obtuvo los siguientes resultados:

$$CONSUMO ZAFRA ( Aceite sintético Duolec 1607) = 3 * 180 = 540 \text{ galones}$$

Cada tanque del aceite sintético tiene una capacidad de 55 galones, por lo que el consumo por zafra sería de **9.8** tanques por zafra.

De acuerdo a los resultados obtenidos se puede decir que el uso del aceite sintético aporta un mayor ahorro de gastos que se realizan con el aceite mineral, así mismo proporciona calidad y rentabilidad en los equipos por la protección que brinda al material. De acuerdo a los cálculos de porcentual se obtuvo lo siguiente:

$$REDUCCION DE CONSUMO = \frac{CONSUMO ACEITE MINERAL}{CONSUMO ACEITE SINTÉTICO}$$

$$REDUCCION DE CONSUMO = \frac{1620}{540}$$

$$REDUCCION DE CONSUMO = 3 \text{ veces}$$

$$\% REDUCCION DE CONSUMO ACEITE MINERAL = \frac{540}{1620} * 100 = 33.33$$

$$\% REDUCCION DE CONSUMO ACEITE MINERAL = 100 - 33.33 = 66.66 \%$$

Se logró una reducción del 66.66% de consumo si se utiliza el aceite sintético, además ofrece una larga durabilidad y de acuerdo a su componente de molibdeno se ajusta a la pieza metálica en rotación.

#### **4.3. Comparación de ambos lubricantes.**

De acuerdo a los datos analíticos, se aprecia una diferencia significativa en la aplicación de ambos lubricantes en la industria, o solo en la parte técnica, sino también en el margen económico y los ahorros que beneficiarían a la empresa si se utiliza como herramienta de mantenimiento.

Para lograr una mayor beneficio y procesos se utilizan mayores cantidades de aceite asfáltico a diferencia del aceite sintético que logra optimizar los recursos económicos de mantenimiento de los equipos de la empresa utilizando cantidades mínimas.

Acorde a los precios el aceite mineral tiene un costo de \$5 por galón, es decir \$8100 por cada zafra. Mientras que el aceite sintético tiene un costo de \$ 12.52, que da por resultado e \$ 6760. Logrando ahorrar **\$1339.2** por cada zafra.

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES**

Los aceites sintéticos son unas formas nuevas de mantenimiento en los equipos, otorgando una mayor protección en los diferentes equipos de trabajo, permitiendo obtener un ahorro económico y tiempo.

según el estudio los beneficios que otorga el aceite sintético Duolec 1607 proporcionan información y calidad en la aplicación de los equipos, otorgando una mayor seguridad y ciclo de vida en las maquinas.

El uso del lubricante sintético Duolec 1607, disminuye de manera continua los gastos de operación y mantenimiento en el periodo de zafra, lo cual genera una mayor eficiencia en los procesos.

La estructura física de los aceites sintéticos, otorga una mayor resistencia, durabilidad y en el material lo cual mitiga la fractura y ruptura, lo que genera un menor desgaste en los ejes y dientes rectos del molino, proporcionando una mejor eficiencia y eficacia en su rendimiento, otorgando una durabilidad en la vida útil del equipo, mejorando los gastos de mantenimiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aguilar-Castro, Y. (1 de Diciembre de 2010). Desgaste en acero de bajo carbono debido a la acción de bagazo limpio o contaminado con sílice y jugo de caña. *Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
2. Budynas, R. G. (2008). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. *Mc Graw Hill, Interamericana editores, S.A*, 586 - 651.
3. C.T. Tosio, J. L. (2010). ACOPLAMIENTOS FLEXIBLES PARA MOLINOS AZUCAREROS. *AETA*.
4. Chen, W. (1 de Octubre de 2018). Propiedades de fricción y desgaste de los compuestos cerámicos de Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>-hBN utilizando diferentes lubricantes sintéticos. *Scopus*, 16799-16808.
5. Cordero, Z. R. (2010). LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTÍFICA. *Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, 155-165.
6. CORONADO, J. J. (10 de Septiembre de 2010). ESTUDIO TRIBOLÓGICO EN CHUMACERAS Y EJES DE MOLINO DE CAÑA DE AZÚCAR. *Sistema de Información Científica Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*.
7. Folle, L. F. (22 de Junio de 2017). Avaliação das condições tribológicas em estampagem de chapas através do ensaio de dobramento sob tensão. *Matéria (Rio J.)*.
8. GUILLÉN, J. J. (2013). *GESTIÓN INTEGRAL DEL*. Cuenca.
9. Gulf., L. (2012). Aceite Minerales. *Gulf*.
10. LIMA, D. A. (2013). *ANÁLISIS DE MEDIOS LUBRICANTES DE LOS RODAMIENTOS 6202*. Ambato.
11. Lluch, J. (2011). *Tecnología y Margen de Refino del Petróleo*.
12. Mendoza-Fernández, A. (13 de DICIEMBRE de 2013). Modelación del contacto entre dos pares de dientes en las coronas de molinos de caña. *SCIELO*.
13. Mingo, A. B. (16 de julio de 2016). Análisis de lubricación termo - elastohidrodinámica y mixta mediante la aplicación de modelos numéricos.



14. Muzakkir, S. (Diciembre de 2011). Análisis de fallas tribológicas de rodamientos de diario utilizados en ingenios azucareros. *Scopus*, 2093-2103.
15. Ríos, E. E. (13 de ENERO de 2017). ANÁLISIS BENEFICIO-COSTO PARA LA ADQUISICIÓN Y MONTAJE DE UN NUEVO MOLINO EN EL TÁNDEM A DEL INGENIO SANTA ANA. *Universidad de San Carlos de Guatemala*.
16. Rodriguez, C. (2007). *Lecturas de Ingeniería 2: Tribología, Fricción, Desgaste y lubricación*. México : Universidad Autónoma de México.
17. ROSA JIMÉNEZ PANEQUE, E. B. (2012). METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. *Biblioteca Médica Naciona*.
18. Siebert, H. (2010). "Lubricating gears with synthetic oils". *Wind Systems*, 48-51.
19. Siebert, H. (20 de Abril de 2012). Higher Energy Efficiency and Less Strain on Resources. *Worm Gears*.
20. Whitby, D. (2013). Lubrication of worm gears. .*WORLDWIDE*, 20-30.