



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

**CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE  
MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS**

**Julio Alejandro Fonseca Cardona**  
Asesorado por el Ing. Erwin Francisco Rivera Fonseca

Guatemala, febrero de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE  
MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**JULIO ALEJANDRO FONSECA CARDONA**  
ASESORADO POR EL ING. ERWIN FRANCISCO RIVERA FONSECA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO**

GUATEMALA, FEBRERO DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



### **NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Luis Pedro Ortiz de León
VOCAL V	P.A. José Alfredo Ortiz Herincx
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

### **TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Figueroa Vásquez
EXAMINADOR	Ing. Osmar Omar Rodas Mazariegos
SECRETARIO	Inga. Marcia Ivónne Velíz Vargas

## **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:

### **CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 15 de abril de 2010.



**JULIO ALEJANDRO FONSECA CARDONA**

Guatemala, enero 2011

Ing. Julio Cesar Campos Paiz  
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado ingeniero Campos:

Atentamente me dirijo a usted para presentarle el trabajo de graduación titulado:

**“CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS”**, realizado por el estudiante de ingeniería mecánica Julio Alejandro Fonseca Cardona, el cual fue revisado por mi en su totalidad.

A mi juicio el presente trabajo cumple con los objetivos planteados, y creo necesario destacar la utilidad que el mismo puede tener en el desarrollo y crecimiento de la empresa donde se realizo, por lo cual no tengo ningún inconveniente en aprobar dicho trabajo de graduación.

Sin otro particular, me suscribo de usted no sin antes desearle éxitos en sus labores diarias.



---

Ing. Erwin Francisco Rivera Fonseca

Asesor de Trabajo de Graduación

Colegiado No. 6084



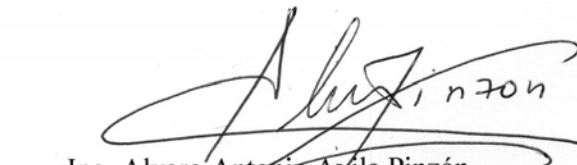
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Coordinador del Área de Diseño de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS, del estudiante **Julio Alejandro Fonseca Cardona**, recomienda su aprobación.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

  
Ing. Alvaro Antonio Ayila Pinzón  
Coordinador de Área



Guatemala, febrero de 2011.

/behdei

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Diseño, al Trabajo de Graduación titulado **CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS**, del estudiante **Julio Alejandro Fonseca Cardona**, procede a la autorización del mismo.

**ID Y ENSEÑAD A TODOS**

Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**

MA Ing. Julio César Campos Paiz  
**DIRECTOR**  
Esc. Ingeniería Mecánica

Guatemala, abril de 2011

JCCP/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **CENTRALIZACIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN PARA MEJORAR EL RENDIMIENTO DE UN MOLINO DE MOSTAZA EN UNA PLANTA DE ALIMENTOS**, presentado por el estudiante universitario **Julio Alejandro Fonseca Cardona**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos  
Decano

Guatemala, 11 de febrero de 2011.

/gdech





## **AGRADECIMIENTOS A:**

- DIOS** Gracias por tu inmenso amor, por guiarme en el sendero de la vida y darme fortaleza para seguirlo.
- MI PADRE** Julio Javier Fonseca Galicia. Gracias por tu confianza y apoyo incondicional, por cuidarme y guiarme a lo largo de la vida y por el gran amor que me tienes. Te quiero mucho.
- MI MADRE** Francisca Idalia Cardona Lemus. Gracias por tu apoyo y amor incondicional.
- MIS HERMANAS** Ana Graciela e Ingrid Lorena. Gracias por su apoyo, sus consejos, su cariño y por ser los pilares de mi vida. Las quiero mucho.
- MI ABUELO** Francisco Javier Fonseca Portales †. Gracias por tu cariño y consejos.
- MIS TIOS PRIMOS Y ABUELOS** Gracias por su gran apoyo, confianza y cariño
- MIS CATEDRÁTICOS** Por ser la fuente de sabiduría y conocimiento.

**MI ASESOR** Ing. Edwin Francisco Rivera Fonseca. Gracias por su apoyo.

**MI PADRINO DE GRADUACIÓN** Ing. Edwin Francisco Rivera Fonseca. Gracias por tu apoyo incondicional, tus consejos, y por ser un ejemplo a seguir.

**MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO** Gracias por sus valiosas enseñanzas.

**MIS AMIGOS** Julio Sosa, Fabiola Zúñiga, Patricia Villeda, Diego Guillen, Pablo Méndez †, Diego Mendoza, Felipe Duarte, Walter Pérez, Pamela Vásquez, Carlos González, Guillermo Estrada, Sandra Orantes, Deify Mansilla, Aroldo Oliveros, Makisha Ubico, Gabriela Sosa, Eddy García, Francisco Toledo, Eddy Mayen. Gracias por su valiosa amistad.

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>DIOS</b>	Por ser mi guía ideal en el sendero de la vida.
<b>GUATEMALA</b>	Mi país hermoso, que este trabajo sea útil para tu crecimiento y desarrollo.
<b>MI PADRE</b>	Con mucho amor. Este logro es también tuyo.
<b>MI MADRE</b>	Por tu apoyo y bendiciones, con mucho cariño.
<b>MIS HERMANAS</b>	Para ustedes, mis mejores amigas, mi motivación, se los dedico con mucho cariño.
<b>MIS TIOS, PRIMOS Y ABUELOS</b>	Por su confianza y apoyo, con mucho cariño.
<b>UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</b>	Magna universidad, por abrirme las puertas y guiarme en el crecimiento intelectual y personal.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN	XVII
OBJETIVOS	XIX
INTRODUCCIÓN	XXI
1. MARCO I	1
1.1 Conceptos básicos	1
1.1.1 Tribología	1
1.1.2 Fricción	2
1.1.2.1 Factores que condicionan la fricción	3
1.1.2.2 Formas de reducir la fricción	4
1.1.3 Desgaste	5
1.1.3.1 Desgaste por fatiga	5
1.1.3.2 Desgaste abrasivo	6
1.1.3.3 Desgaste por erosión	6
1.1.3.4 Desgaste por corrosión	7
1.1.3.5 Desgaste por frotación	8
1.1.3.6 Desgaste adhesivo	8
1.1.3.7 Formas de reducir el desgaste	9
1.1.4 Lubricación	9
1.1.4.1 Características de la película lubricante	11
1.1.4.2 Factores que afectan la lubricación	12
1.1.4.3 Finalidad y funciones de un lubricante	12

1.1.4.4	Clasificación de los lubricantes	13
1.1.5	Tipos de lubricación	14
1.1.5.1	Lubricación límite	14
1.1.5.2	Lubricación hidrodinámica	16
1.1.5.3	Lubricación mixta	17
1.1.5.4	Lubricación hidrostática	17
1.1.5.5	Lubricación elastohidrodinámica	18
1.1.6	Grasas y aceites	19
1.1.6.1	Grasas	20
1.1.6.2	Aceites	21
1.1.7	Propiedades y componentes de las grasas	22
1.1.7.1	Distintos tipos de grasas y aditivos empleados	23
1.1.7.1.1	Grasas cálcicas (Ca)	23
1.1.7.1.2	Grasas sódicas (Na)	24
1.1.7.1.3	Grasas líticas (Li)	24
1.1.7.1.4	Grasas de jabón compuesto	25
1.1.7.1.5	Grasas espesadas con Sustancia inorgánica	25
1.1.7.1.6	Grasas sintéticas	25
1.1.7.1.7	Grasas para bajas temperaturas (LT)	26
1.1.7.1.8	Grasas para temperaturas medias (MT)	26
1.1.7.1.9	Grasas para altas temperaturas (HT)	26
1.1.7.1.10	Grasas extrema presión (EP)	27
1.1.7.1.11	Grasas anti engrane (EM)	27
1.1.7.2	Aditivos para las grasas	28
1.1.7.2.1	Aditivos antidesgaste	28

	1.1.7.2.2	Aditivos antioxidantes	28
	1.1.7.2.3	Aditivos EP (extrema presión)	28
	1.1.7.2.4	Aditivos estabilizadores	28
1.1.8		Características de los aceites lubricantes	29
	1.1.8.1	Factores que afectan a la viscosidad	30
	1.1.8.2	Índice de viscosidad	30
	1.1.8.3	Bombeabilidad	31
	1.1.8.4	Adhesión o adherencia	31
	1.1.8.5	Formación de espuma	31
	1.1.8.6	Emulsibilidad	32
	1.1.8.7	Demulsibilidad	32
	1.1.8.8	Aeroemulsión	32
	1.1.8.9	Punto de goteo	32
	1.1.8.10	Punto de inflamación	33
	1.1.8.11	Punto de combustión	33
	1.1.8.12	Punto de enturbiamiento	33
	1.1.8.13	Punto de congelación	34
1.1.9		Sistemas de lubricación	34
	1.1.9.1	Sistemas puntuales	35
	1.1.9.2	Sistemas centralizados	35
1.1.10		Tipos de sistemas centralizados	36
	1.1.10.1	Sistema de línea simple	36
	1.1.10.2	Sistema de línea doble	36
	1.1.10.3	Sistema progresivo	37
	1.1.10.4	Sistema de circulación de aceite	38
	1.1.10.5	Sistema de lubricación hidrostática	38
	1.1.10.6	Sistema de lubricación para cadenas	38
	1.1.10.7	Sistema de lubricación por aire comprimido	38

2.	MARCO II	39
2.1	Planteamiento del problema	39
2.2	Objetivos	40
2.2.1	Objetivo general	40
2.2.2	Objetivos específicos	40
2.3	Hipótesis	41
2.4	Formulación y definición de variables	41
2.4.1	Variables	41
2.4.1.1	Costos de lubricación	41
2.4.1.2	Sistema de lubricación	42
2.5	Alcances y límites	43
2.5.1	Alcances	43
2.5.2	Límites	43
2.6	Aporte	43
3.	MARCO III	45
3.1	Unidades de análisis	45
3.2	Instrumentos	46
3.3	Procedimiento	46
3.3.1	Sistema manual de lubricación	47
3.3.2	Sistema centralizado y automático de lubricación	47
4.	MARCO IV	49
4.1	Manual del fabricante	49
4.1.1	Seguridad	49
4.1.1.1	Generales	49
4.1.1.2	Peligros en la máquina	49
4.1.1.3	Finalidad del uso de la máquina	50
4.1.1.4	Emisiones	50

4.1.1.5	Fuentes de peligro	50
4.1.1.6	Lugar de trabajo	51
4.1.1.7	Personal autorizado	51
4.1.1.8	Medidas de seguridad en el lugar de montaje	52
4.1.1.9	Comportamiento en caso de emergencia	52
4.1.1.10	Instrucciones de seguridad en este manual	53
4.1.2	Equipamiento de protección	53
4.1.2.1	Lista de comprobación	54
4.1.3	Puesta en funcionamiento	55
4.1.3.1	Lista de elementos	55
4.1.3.2	Datos técnicos de las máquinas	56
4.1.3.3	Desembalaje (para embalajes en cajas de madera grandes)	59
4.1.3.4	Montaje	59
4.1.3.5	Conexión eléctrica	60
4.1.3.6	Toma de agua	60
4.1.3.7	Control del sentido de rotación	60
4.1.3.8	Antes de la puesta en funcionamiento	61
4.1.3.8.1	Molino	61
4.1.3.8.2	Mecanismo de regulación	62
4.1.4	Manejo	62
4.1.4.1	Ajuste básico de la abertura de molido	62
4.1.5.2	Encendido / apagado del molino	62
4.1.5.3	Ajuste de la abertura de molido	63
4.1.5.4	Resultado del molido	63
4.1.5.5	Encendido / apagado de la bomba de alimentación	63
4.1.5.6	Apagado en caso de emergencia	64
4.1.6	Limpieza / mantenimiento	64



4.1.6.1	Plan de mantenimiento	64	
4.1.6.2	Molino	64	
4.1.6.3	Mecanismo de regulación	65	
4.1.6.4	Plan de inspección	66	
	4.1.6.4.1 Molino	66	
	4.1.6.4.2 Mecanismo de regulación	66	
	4.1.6.4.3 Bomba helicoidal excéntrica	66	
4.1.6.5	Limpieza	66	
	4.1.6.5.1 Limpieza previa	66	
	4.1.6.5.2 Limpieza fina	67	
4.1.6.6	Cambio de muelas	68	
4.1.7	Fallos	69	
	4.1.7.1 Generales	69	
	4.1.7.2 Parte superior del molino de mostaza	71	
	4.1.7.3 Parte inferior del molino de mostaza	72	
	4.1.7.4 Aplicación	75	
	4.1.7.5 Composición de la tapa de enfriado	77	
	4.1.7.6 Partes del timón	78	
	4.1.7.7 Molino de mostaza	79	
5.	MARCO V	81	
5.1	Resumen de resultados	81	
	5.1.1 Sistema manual de lubricación (situación actual)	81	
		5.1.1.1 Equipo utilizado en la lubricación	81
		5.1.1.2 Tipo y consumo de lubricante utilizado	82
	5.1.2 Ciclos de lubricación	83	
	5.1.3 Evaluación del método de lubricación	83	
	5.1.4 Problemas causados por el sistema de lubricación actual	85	

5.2	Notas técnicas	86
5.2.1	Proceso productivo de la mostaza	86
5.2.2	Monitoreo de condición	89
5.2.3	Análisis de aceite	93
5.3	Análisis técnico	97
5.3.1	Análisis financiero	97
5.3.1.1	Valor actual neto (VAN)	98
5.3.1.2	Tasa interna de retorno (TIR)	100
5.3.2	Análisis del lubricante	103
5.3.2.1	Calculo teórico de lubricación	103
5.3.2.1.1	Rodamiento 6310 inferior	103
5.3.2.1.2	Rodamiento 7310 superior	105
6.	MARCO VI	107
6.1	Discusión	107
6.1.1	Costo del proyecto	107
6.1.2	Ahorro anual del proyecto	107
6.1.3	Resumen	108
6.1.4	Interpretación de resultados de análisis financiero	109
6.1.5	Conclusiones de análisis financiero	109
	CONCLUSIONES	111
	RECOMENDACIONES	113
	BIBLIOGRAFÍA	115
	ANEXOS	119



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Ejemplo de tribología	2
2.	Falla debido a la fricción	3
3.	Formas de fricción según las superficies involucradas (a) por deslizamiento (b) rodadura	4
4.	Evolución de desgaste por fatiga	6
5.	Desgaste abrasivo	6
6.	Desgaste por erosión	7
7.	Desgaste por corrosión	7
8.	Desgaste por frotación	8
9.	Desgaste adhesivo	9
10.	Extracción de los lubricantes y aceites del petróleo	11
11.	Lubricación límite	15
12.	Superficie rodante concordante	16
13.	Principio de la película hidrostática	18
14.	Principio de la película elastohidrodinámica	19
15.	Grasa	20
16.	Viscosidad	22
17.	Sistema en paralelo en una sola línea	36
18.	Sistema en paralelo de doble línea	37
19.	Sistema en serie progresiva con válvula de derivación	37
20.	Molino de mostaza con sus partes	56
21.	Parte de molino	61
22.	Molino	65

23.	Piezas del molino de mostaza a)	67
24.	Piezas del molino de mostaza b)	68
25.	Piezas del molino de mostaza c)	69
26.	Parte superior del molino de mostaza	71
27.	Parte inferior del molino de mostaza	72
28.	Partes de las chumaceras y cojinetes	73
29.	Ángulos y radios de chumaceras	73
30.	Cojinete	77
31.	Partes detalladas del timón	78
32.	Molino de mostaza	79
33.	Engrasadora manual	81
34.	Grasa lubricante	83
35.	Monitoreo de condición	91
36.	Interrelación de tecnologías	92
37.	Gráfica condición vrs tiempo	93
38.	Rodamiento rígido de una sola hilera de bolas	103
39.	Rodamiento rígido de una hilera de bolas con contacto angular	105

## **TABLAS**

I.	Eliminación de fallos	70
II.	Datos técnicos	74
III.	Accesorios	75
IV.	Características técnicas	82
V.	Interpretación del VAN	99
VI.	Interpretación de la TIR	101

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Descripción</b>
<b>K</b>	Acción producida por la unidad de flujo
<b>Ba</b>	Bario
<b>Ca</b>	Calcio
<b>cSt</b>	<i>Centistoke</i>
<b>db</b>	Decibeles
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>Lb</b>	Libra
<b>Li</b>	Litio
<b>&gt;</b>	Mayor que
<b>&lt;</b>	Menor que
<b>m</b>	Metro Micro

<b>μ</b>	
<b>mm</b>	Milímetros
<b>%</b>	Porcentaje
<b>Plg</b>	Pulgada
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto
<b>Na</b>	Sodio
<b>TIR</b>	Tasa interna de retorno
<b>PTFE</b>	Teflón
<b>°C</b>	Temperatura en grados Celsius
<b>°F</b>	Temperatura en grados <i>Fahrenheit</i>
<b>t</b>	Tiempo
<b>VAN</b>	Valor actual neto

## **GLOSARIO**

<b>Abrasión</b>	Acción mecánica de rozamiento y desgaste que provoca la erosión de un material o tejido.
<b>Acetato</b>	Es una sal o éster del ácido acético.
<b>Aleaciones</b>	Es una mezcla sólida homogénea de dos o más metales, o de uno o más metales con algunos elementos no metálicos.
<b>Corrosión</b>	El deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.
<b>Dosificador</b>	Es un mecanismo que proporciona la cantidad exacta de algún material de manera más exacta y automatizada con el fin de optimizar una operación.
<b>Esteres</b>	Es un compuesto formado junto con agua por la reacción de un ácido y un alcohol.



<b>Grafito (lubricantes sólidos)</b>	Es la forma más estable del carbón, se puede presentar junto al diamante y los fullerenos.
<b>Hidrodinámica</b>	Estudia la dinámica de fluidos incompresibles.
<b>Hidrostatica</b>	Estudia los fluidos en estado de equilibrio, es decir, sin que existan fuerzas que alteren su movimiento o posición.
<b>Lotado</b>	Atestado, colmado, completo, lleno, relleno, repleto.
<b>Mesófilas</b>	Organismo que tiene una temperatura óptima de crecimiento comprendida entre 20°C y 45°C.
<b>Obturación</b>	Tapar o cerrar una abertura o conducto introduciendo o aplicando un cuerpo.
<b>Palet</b>	Es un armazón de madera, plástico u otros materiales empleados en el movimiento de carga ya que facilita el levantamiento y manejo con pequeñas grúas hidráulicas, llamadas carretillas elevadoras.
<b>Paletizado</b>	Es la acción y efecto de disponer mercancía sobre un palé para su almacenaje y transporte. La carga de un palé se puede realizar a mano.

<b>Perpendicular</b>	Es la línea que forma ángulo recto con la línea dada.
<b>Polietileno</b>	Es uno de los plásticos más comunes, químicamente inerte, Se obtiene de la polimerización del etileno.
<b>Presurizar</b>	Mantener la presión atmosférica de un recinto a niveles normales para los humanos, independientemente de la presión exterior.
<b>Rebaba</b>	Resalte o aleta fina de metal que se forma a los lados de una pieza de fundición, en donde estaban las juntas del molde.
<b>Remoción</b>	Apartar, descolgar, llevar, poner aparte, quitar, quitar de en medio, remover.
<b>Talco (lubricantes sólidos)</b>	Lubrica moldes para prevenir la adherencia de las superficies entre y durante la manufactura. También es utilizado en la protección de piezas contra la corrosión.



## **RESUMEN**

Una decisión, basada en fundamentos teóricos y sustentados con un análisis técnico por medio de los cálculos correspondientes, es la mejor manera para realizar la toma de decisión sobre un problema específico, a la vez genera un respaldo respecto a las acciones tomadas.

El caso de estudio elaborado para la empresa Industria de Alimentos S.A., genera una solución a los problemas de desgaste, fricción o atrancamientos en rodamientos y tornillo sin fin, como consecuencia final de una mala lubricación ocurridos en el molino de mostaza de la empresa de alimentos, por medio de un sistema de lubricación que permite la reducción en costos de operación y asegura que el lubricante adecuado llegue a los puntos de aplicación necesarios, a la vez que se reduce el consumo de lubricantes utilizados por la empresa.

La lubricación automática o centralizada tiene ventajas definitivas sobre la lubricación manual, dispensando cantidades pequeñas y medidas necesarias de lubricante, a intervalos más frecuentes, directamente a las áreas de contacto de los rodamientos, tornillo sin fin y partes móviles principales del molino de mostaza, lo que garantiza que se mantenga una película protectora del espesor apropiado a toda hora, que previene el desgaste ocurrido por rozamiento entre las superficies sometidas a fricción, y por lo tanto, a la pérdida de material debido a ese rozamiento. Se asegura el aumento de la vida útil de los rodamientos, lo cual permite que estos puedan trabajar por períodos más largos de operación y a su vez, reduce las actividades de mantenimiento causadas por deficiencias en la calidad de los rodamientos.

Desde el punto de vista ecológico, es de suma importancia sustituir el sistema de lubricación actual, así se evitará un desperdicio de grasa lubricante utilizado en los rodamientos y partes móviles del molino, para evitar derrames de aceite que se mezclan con el agua de los drenajes y se dirigen hacia los ríos. De esta manera se estará disminuyendo los niveles de contaminación generados por el proceso productivo de mostaza.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Centralizar e implementar un sistema de lubricación para mejorar el rendimiento de un molino de mostaza en una planta de alimentos.

### **Específicos**

1. Optimizar el sistema de lubricación del molino de mostaza en la planta de alimentos, para que el lubricante llegue al punto correcto en la cantidad precisa y a su debido tiempo y que represente una disminución de los costos de operación.
2. Minimizar las actividades de mantenimiento correctivo, así como las paradas no programadas causadas por deficiencias del sistema de lubricación.
3. Aumentar el tiempo de vida de los equipos de la planta de alimentos, así como evaluar las condiciones de éstos y pronosticar el tiempo de vida por medio de análisis técnicos.



## INTRODUCCIÓN

La industria de alimentos en Guatemala representa uno de los sectores productivos más importantes de la economía nacional, porque no solamente genera productos para el consumo humano sino que, a través de su actividad, genera numerosas oportunidades de trabajo, directo e indirecto, asociadas con el ramo industrial. Es indiscutible que la actividad de la industria de alimentos se asocia con la nutrición y la salud, pues sus productos deben conducir a ello. En un caso particular estudiaremos la elaboración de la pasta de mostaza por medio de un molino *Fryma Koruma PA 5*. Es necesario considerar la importancia de mantener los equipos que la producen operando eficazmente minimizando los tiempos improductivos durante los paros por falla o mantenimiento del mismo. Esto se logra al mantener un correcto sistema de mantenimiento predictivo y preventivo, así como los equipos de lubricación adecuados para la maquinaria, según las condiciones de operación.

Este caso de estudio consiste en el desarrollo de un análisis técnico y financiero para la implementación de un sistema de lubricación para el molino de mostaza. Es de suma importancia mantener lubricados principalmente cojinetes, tornillo sin fin, retenedores y partes móviles, debido a que actualmente esta no cuenta con un sistema adecuado de lubricación que le permita el óptimo desempeño de la maquinaria y de los equipos, con el cual, el resultado esperado, es el de disminuir los costos de la empresa, debido a las paradas no programadas y los costos de tiempo improductivo.

Para lograr que el sistema de lubricación cumpla su propósito es necesario determinar las condiciones de operación bajo las cuales se



encuentran los equipos y así determinar el lubricante correcto a utilizar, la cantidad adecuada y su frecuencia de aplicación. Además, se deben de conocer los factores ambientales del entorno, que ponen en peligro los componentes y las piezas de la maquinaria, siendo estos principalmente suciedad, polvo, temperatura y agua, tratando así de reducirlos lo máximo posible. Adicionalmente los equipos son sometidos a la acción de fricción, desgaste y fatiga superficial propios del equipo, estas deben de ser reducidas al mínimo posible para alargar la vida útil de los equipos utilizados en la industria de alimentos.

El fin de los lubricantes es el de reducir la fricción y como consecuencia prolongar la vida de los equipos al interponerse entre las superficies en movimiento, reduciendo de esta manera la fricción y el desgaste que pudiera ser generado en las piezas de los diferentes mecanismos.

Los sistemas de lubricación pueden ser puntuales o centralizados. En los sistemas de lubricación centralizados, se distribuye el lubricante a los equipos desde una estación remota, el cual impulsa el lubricante a través de tuberías y lo hace llegar a su destino en la cantidad adecuada y en el tiempo preciso. El mejor sistema de lubricación depende de los requerimientos para cada aplicación y de la capacidad económica de cada industria para adquirirlos.

# 1. MARCO I

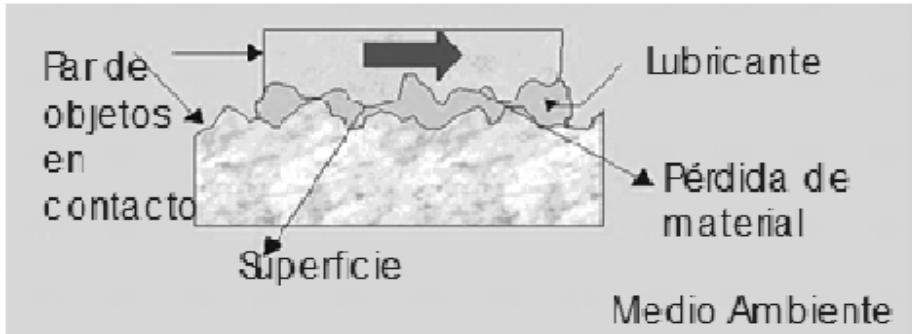
## 1.1. Conceptos básicos

### 1.1.1. Tribología

La tribología es la ciencia que estudia en forma sistemática las diferentes técnicas para reducir la fricción, basándose en el desarrollo de productos especiales que minimicen el desgaste. Se denomina “*tri*” por incluir los tres elementos de un sistema en fricción: cuerpos relacionados, sustancia intermedia y medio ambiente.

La aplicación de los principios tribológicos parte del hecho fundamental que donde hay movimiento hay fricción y en la mayoría de los casos, esta fricción causa pérdidas de energía y desgaste de equipos. La influencia de factores ambientales, como polvo, suciedad, agua, medios agresivos, sustancias reactivas y el calor, hacen indispensable la aplicación de estos principios. Es entonces que la tribología nace como la ciencia que estudia en forma sistemática las diferentes técnicas para reducir la fricción, basándose en el desarrollo de productos especiales que minimicen el desgaste según el entorno en el que se encuentren. (Véase figura 1).

**Figura 1. Ejemplo de tribología**



Fuente: <http://quimica.ugto.mx/revista/1/tribologia.htm>, 07/09/2010

La tribología toma en cuenta, entre otros aspectos de la maquinaria industrial, los siguientes:

- El diseño de la maquinaria y su ubicación dentro de la planta
- Los materiales de las superficies en contacto
- El sistema de aplicación del lubricante
- El medio circundante
- Las condiciones de operación

### **1.1.2. Fricción**

La fricción se define como una fuerza de resistencia que se opone al movimiento (fricción cinética) o a la tendencia al movimiento (fricción estática) de dos superficies en contacto, y que retarda o impide el deslizamiento entre ambas superficies. Las fuerzas de fricción están limitadas en magnitud, y no impedirán el movimiento si se aplican fuerzas externas lo suficientemente grandes que venzan la fuerza de fricción.

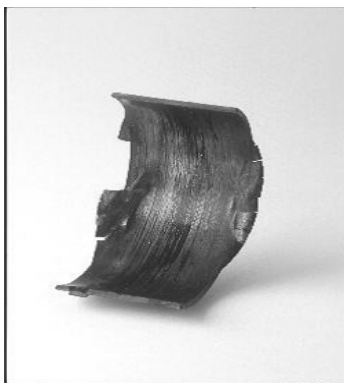
Esta fuerza es siempre tangencial a la superficie en los puntos de contacto con el cuerpo, y tiene un sentido tal que se opone al movimiento

posible o existente del cuerpo respecto a esos puntos. La fuerza de fricción se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Estas imperfecciones hacen que la fuerza entre ambas superficies no sea perfectamente perpendicular a éstas.

Para comprender la fuerza de fricción de una mejor manera, se han formulado dos leyes básicas, las cuales son:

- La resistencia de fricción es proporcional a la carga
- La fricción es independiente del área de deslizamiento de las superficies

**Figura 2. Falla debido a la fricción**



Fuente: [http://www.nb-cofrisa.com/docs/web\\_fallos\\_esp.PDF](http://www.nb-cofrisa.com/docs/web_fallos_esp.PDF), 07/09/2010

#### **1.1.2.1. Factores que condicionan la fricción**

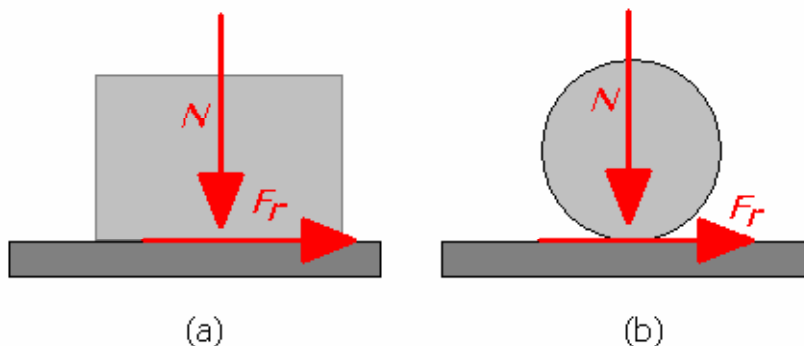
**Carga:** es un factor de operación que no se puede eliminar porque hace parte de todo mecanismo. Está constituida por su propio peso y por la fuerza que este imparte o transmite. La carga reduce el espesor de la película lubricante, pero incrementa la cohesión entre sus capas.

**Interacción molecular:** se refiere a la naturaleza particular de los materiales. Dependiendo de la estructura molecular, es decir, dependiendo del tipo de material y aleaciones, se presenta un mayor o menor coeficiente de fricción. Se puede presentar adhesión de las superficies dependiendo de la interacción entre éstas.

**Interacción mecánica:** es el factor donde el acabado superficial representa un condicionante de la fricción, se genera debido a las imperfecciones, especialmente microscópicas, entre las superficies en contacto. Entre más ásperas sean las superficies, mayor será la fricción. Esta disminuye con el grado de pulido que presenten.

**Figura 3. Formas de fricción según las superficies involucradas.**

**(a) Por deslizamiento (b) rodadura**



Fuente: J.E. Shigley y C.R. Mischke "Diseño en Ingeniería Mecánica", McGraw Hill 2002, pag. 122, 07/09/2010

#### **1.1.2.2. Formas de reducir la fricción**

- Al pulir las superficies
- Al cambiar el deslizamiento por rodamiento
- Al interponer un lubricante

### **1.1.3. Desgaste**

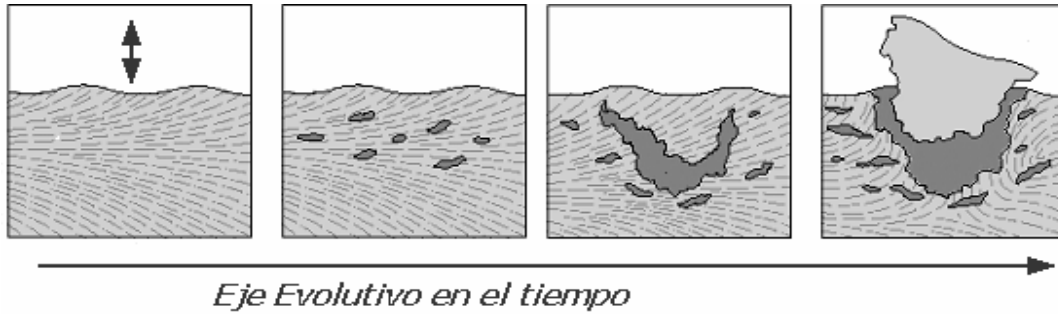
El desgaste es una consecuencia directa del rozamiento entre dos superficies y se define como el daño de la superficie por remoción de material de una o ambas superficies sólidas en movimiento relativo. Durante este movimiento relativo, primero, el material en la superficie de contacto es desplazado por lo que las propiedades del sólido, al menos en o cerca de la superficie, se alteran, pero muy poco o nada del material se pierde.

Posteriormente, el material puede ser removido de la superficie resultando en la transferencia a la otra superficie, o bien, puede perderse como una partícula del desgaste. El desgaste puede llegar a ser crítico, al hacer que las piezas de una máquina pierdan sus tolerancias y queden inservibles, ya que causan costosos daños y elevadas pérdidas de producción. Al igual que la fricción, el desgaste no es solamente una propiedad del material, es una respuesta integral del sistema. El desgaste se puede clasificar según las siguientes categorías:

#### **1.1.3.1. Desgaste por fatiga**

El desgaste por fatiga surge por la concentración de tensiones mayores a las que puede soportar el material, esto incluye las dislocaciones, formación de cavidades y grietas.

**Figura 4. Evolución de desgaste por fatiga**

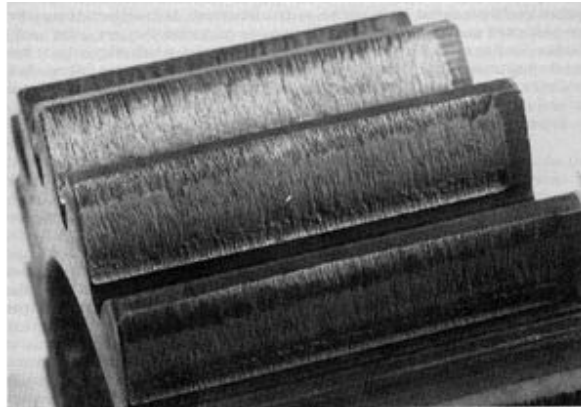


Fuente: <http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/elementosdemaquinas>. 07/09/2010

### **1.1.3.2. Desgaste abrasivo**

Es el daño a los materiales por la acción de partículas sólidas presentes en la zona del rozamiento que deterioran una o ambas superficies.

**Figura 5. Desgaste abrasivo**

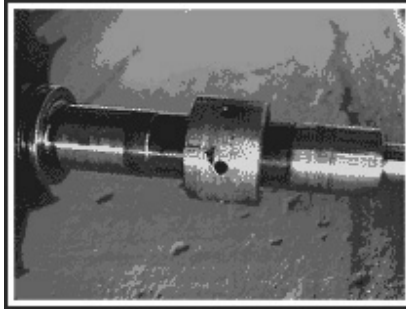


Fuente: <http://www.scamecanica.com>, 07/09/2010

### **1.1.3.3. Desgaste por erosión**

Es producido por una corriente de partículas abrasivas, muy común en turbinas de gas, tubos de escape y de motores de combustión.

**Figura 6. Desgaste por erosión**



Fuente: <http://www.turbodina.com.ar/tecnica/tec7/7.jpg>

#### **1.1.3.4. Desgaste por corrosión**

Originado por la influencia del medio ambiente, principalmente la humedad, seguido de la eliminación por abrasión, fatiga o erosión, de la capa del compuesto formado. A este grupo pertenece el desgaste por oxidación ocasionado principalmente por la acción del oxígeno atmosférico o disuelto en el lubricante, sobre las superficies en movimiento.

**Figura 7. Desgaste por corrosión**



Fuente: <http://www.turbodina.com.ar/tecnica/tec7/7.jpg>, 07/09/2010



#### **1.1.3.5. Desgaste por frotación**

Aquí se conjugan las cuatro formas de desgaste, en este caso los cuerpos en movimiento tienen movimientos de oscilación de una amplitud menor de 100  $\mu\text{m}$  (micrómetros). Generalmente se da en sistemas ensamblados.

**Figura 8. Desgaste por frotación**

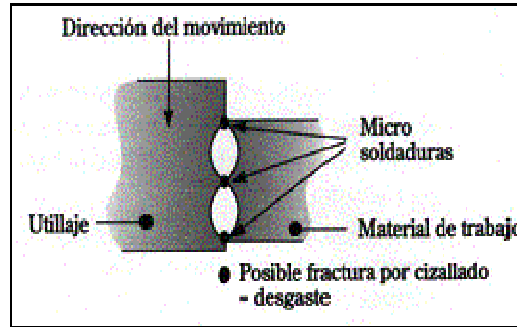


Fuente: <http://downloads.gecamin.cl>, 07/09/2010

#### **1.1.3.6. Desgaste adhesivo**

Es el proceso por el cual se transfiere material de una superficie a otra durante su movimiento relativo, esto es el resultado de la acción de soldadura en frío en puntos de interacción de asperezas, en algunos casos parte del material desprendido regresa a su superficie original o se libera en forma de virutas o rebaba.

**Figura 9. Desgaste adhesivo**



Fuente: <http://www.austenit.com>, 07/09/2010

#### **1.1.3.7. Formas de reducir el desgaste**

- Al utilizar los lubricantes apropiados según las condiciones de operación;
- Lubricar a la frecuencia adecuada, con el fin de determinar los cambios de aceite y los reengrases correctos. Asimismo aplicar la cantidad correcta de lubricante en el punto requerido. Una de las herramientas tecnológicas para la lubricación son los sistemas centralizados automáticos de lubricación;
- Buenos programas de mantenimiento preventivo, incluyendo principalmente la limpieza.

#### **1.1.4. Lubricación**

La lubricación se refiere a la acción de interponer un material lubricante entre dos superficies, en movimiento relativo con el objeto de reducir la fricción, el desgaste y el calentamiento.

El incremento del tiempo de explotación de los elementos de una máquina es un objetivo básico que se persigue en la actualidad y se alcanza con un diseño, montaje y explotación adecuados. La lubricación juega un papel

vital dentro de las condiciones de trabajo de los equipos, ya que evita el contacto metal-metal de las superficies, lo que hace que disminuya la fricción, el desgaste, las pérdidas de energía y se incremente la vida útil de dichos elementos.

Sin el empleo de un lubricante entre dos superficies que se desplazan en movimiento relativo, una respecto de otra, sería imposible mantener una máquina en movimiento por mucho tiempo, además llegarían a soldarse todos los elementos que la constituyen y la convertirían en un montón de chatarra en poco tiempo.

Cualquier sustancia que se coloque entre estas superficies, con el fin de disminuir la fricción, se denomina lubricante, el cual ayuda también a evacuar el calor generado. La función básica de un lubricante es mantener completamente separadas dos superficies en movimiento.

Un mecanismo puede quedar bien o mal lubricado, dependiendo de factores como: la viscosidad del aceite o grado de la grasa utilizada, la cantidad aplicada, el método de lubricación y la frecuencia entre re-lubricaciones.

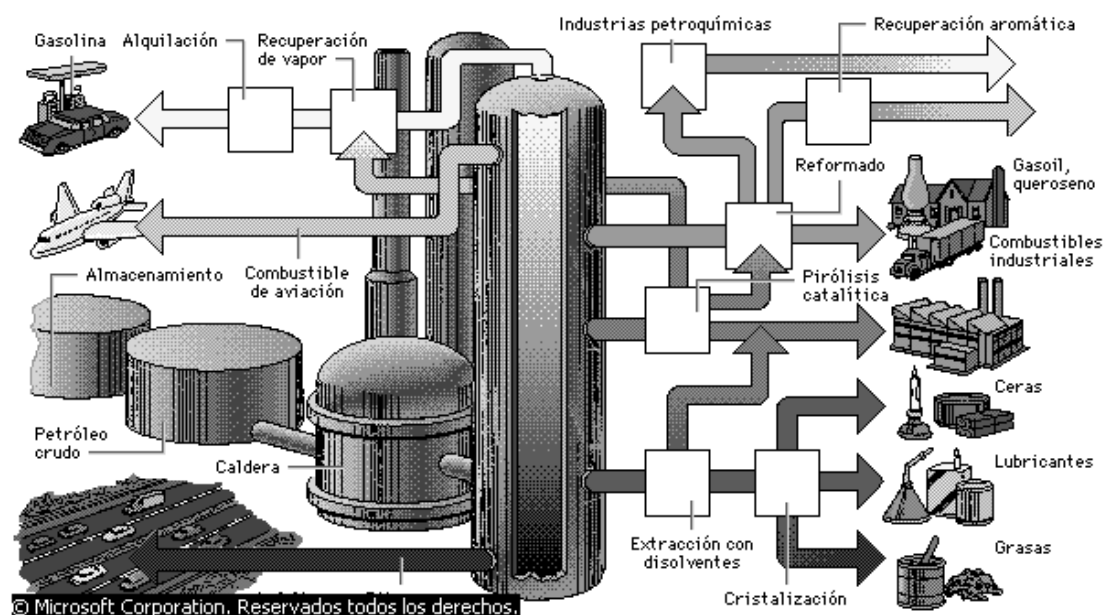
Lubricar no es simplemente aplicar un aceite o una grasa, siendo éste el concepto más difundido hoy en día entre el personal de mantenimiento de muchas empresas.

La película de lubricante se puede considerar como la unión de muchas capas en movimiento relativo unas respecto de otras. Una de estas capas se adhiere fuertemente al elemento en movimiento y la otra al elemento estacionario.

### 1.1.4.1. Características de la película lubricante

La película lubricante debe poseer determinadas características como: adhesividad, viscosidad, espesor y aditivos. Es tan perjudicial una película delgada como una gruesa porque en el primer caso, ésta puede dar lugar a contacto metálico en alguna parte de las superficies (desgaste adhesivo) si se rompe la película límite y en el segundo, se presenta generación de calor por exceso de fricción interna en la película lubricante, que puede conducir igualmente a problemas de desgaste adhesivo.

**Figura 10. Extracción de los lubricantes y aceites del petróleo**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos15/aceites/Image2208.gif>, 07/09/2010

#### **1.1.4.2. Factores que afectan la lubricación**

##### **De operación**

- Velocidad
- Carga
- Temperatura

##### **De diseño**

- Diseño del sistema de aplicación del lubricante
- Proyecto, cálculo y fabricación de la máquina
- Materiales utilizados en la construcción y mecanismos
- Acabado superficial del mecanismo

#### **1.1.4.3. Finalidad y funciones de un lubricante**

Con el fin de minimizar las pérdidas de materiales, consecuentes del desgaste, el lubricante debe responder a cierto número de propósitos, los cuales son:

- Separar las superficies de dos piezas en movimiento
- Reducir el rozamiento entre dos superficies para limitar las pérdidas de energía
- Disminuir el desgaste

Estas diferentes finalidades podrán ser alcanzadas si el lubricante está en condiciones de cumplir con las siguientes funciones:

- Disminuir el rozamiento
- Reducir el desgaste
- Disipar el calor generado por las pérdidas de potencia en el mecanismo

- Sellar, es decir, participar en la hermeticidad al impedir la penetración de impurezas que se buscará eliminar posteriormente
- Evacuar impurezas de tipo orgánico o metálico mediante una limpieza, un reengrase o un vaciado
- Transmitir potencias, es decir, que el lubricante no es solamente un agente que facilita el movimiento entre dos superficies en fricción, sino que debe ser el agente de transmisión de fuerzas entre los órganos en movimiento
- Desde el desplazamiento de dos superficies hay una resistencia al movimiento caracterizada por el coeficiente de fricción. La variación continua de los parámetros en la interface de fricción hace que el rozamiento sea un fenómeno evolutivo, siendo función de todos los fenómenos mecánicos, metalúrgicos o físico-químicos que puede existir entre las rugosidades en contacto, y por esto es igualmente atribuible a la presencia o no de un lubricante. Entonces, cuando un elemento empieza a moverse sobre otro, se presentan dos situaciones diferentes: al iniciarse el movimiento y cuando el elemento se mueve con velocidad uniforme

#### 1.1.4.4. Clasificación de los lubricantes

Los lubricantes se pueden clasificar de acuerdo a su estado físico de la siguiente manera:

**Sólidos:** los lubricantes sólidos se emplean cuando las piezas han de funcionar a temperaturas muy extremas y cuando intervienen elevadas presiones unitarias. Entre los más comunes se tienen el talco, el grafito, aleaciones de metales y pulverizados.

**Semisólidos:** entre esta clasificación se encuentran las grasas, las cuales se emplean para lubricar zonas imposibles de lubricar con aceite, ya sea por falta de condiciones para su retención o bien por los elementos de polvo y suciedad.

**Líquidos:** llamados en general aceites lubricantes, estos tienen la propiedad de baja resistencia al corte y alta resistencia a la corrosión, los lubricantes más utilizados son los aceites minerales.

**Gaseosos:** generalmente se utiliza aire a presión, aunque pueden utilizarse otro tipo de gases para separar las superficies y evitar el contacto directo entre las mismas.

#### **1.1.5. Tipos de lubricación**

Existen cinco formas de lubricación:

##### **1.1.5.1. Lubricación límite**

Este tipo de lubricación ocurre muy comúnmente cuando un mecanismo se pone en marcha o a un movimiento inicial luego de un uso discontinuado del mismo. Surge debido a las condiciones de carga, velocidad, temperatura, o al lubricante en sí. Cuando esto sucede, las asperezas más superficiales quedan separadas por películas de lubricante de solo varias dimensiones moleculares de espesor, lo que ocasiona un área de contacto insuficiente y en un incremento en la carga hacia las piezas en contacto.

Durante la lubricación límite, la propiedad más importante del lubricante es su composición química. Para mejorar la composición química de los lubricantes se añade un aditivo de antidesgaste, el cual impide que se presente

fricción directa entre las superficies y que la película de lubricante no se rompa. Si la lubricación límite prevalece por mucho tiempo, se puede romper esta película y se presentaría una reducción considerable de la vida del mecanismo debida al desgaste.

Bajo condiciones normales de operación la lubricación límite debe desaparecer totalmente, dando lugar a la lubricación hidrodinámica. Otras circunstancias que pueden dar lugar a la lubricación límite es cuando se varían las condiciones de operación de la máquina, como en el caso de someter los diferentes mecanismos a presiones mayores que las de diseño o a variaciones de velocidad.

Las condiciones de película límite también se presentan inmediatamente antes de que el mecanismo se detenga. Por lo tanto, un equipo cuyos elementos mecánicos estén sometidos a paradas y arrancadas frecuentes consume más aditivo antidesgaste, por lo que el aceite se debe cambiar más frecuente que en los que funcionan en forma continua, porque en estos el aditivo antidesgaste solamente trabaja en el momento del arranque o cuando el mecanismo se detiene.

**Figura 11. Lubricación límite**



Fuente: <http://materias.fi.uba.ar/7201/Lubricantes2009.pdf>, 07/09/2010



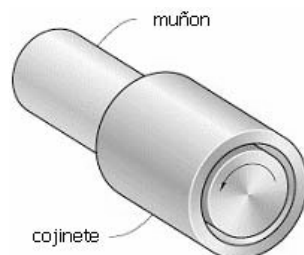
### 1.1.5.2. Lubricación hidrodinámica

Se presenta cuando las superficies de soporte de carga se encuentran separadas por una película de lubricante relativamente gruesa, lo que evita el contacto de las superficies. Es necesario mencionar que la lubricación hidrodinámica no depende de la introducción de lubricante a presión, aunque puede ocurrir, pero que requiere de un suministro adecuado todo el tiempo.

El espesor mínimo de la película lubricante es algo superior a la suma promedio de las irregularidades de ambas superficies y la resistencia al movimiento viene dada sólo por la fricción entre las capas del lubricante, siendo este el que soporta totalmente la carga. En este caso, las condiciones de la lubricación y el mecanismo podrían funcionar durante largo tiempo sin desgaste alguno, siempre y cuando se mantengan estas condiciones de operación.

Cuando ocurre la lubricación hidrodinámica, no existe contacto físico entre las superficies en movimiento relativo, por lo que no ocurre desgaste.

**Figura 12. Superficie rodante concordante**



Fuente: <http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/materias/elementosdemaquinas/cap07-02.pdf>,  
07/09/2010

### **1.1.5.3. Lubricación mixta**

La lubricación mixta representa un estado intermedio entre la lubricación límite y la lubricación hidrodinámica por el cual todo mecanismo pasa antes de alcanzar esta condición última.

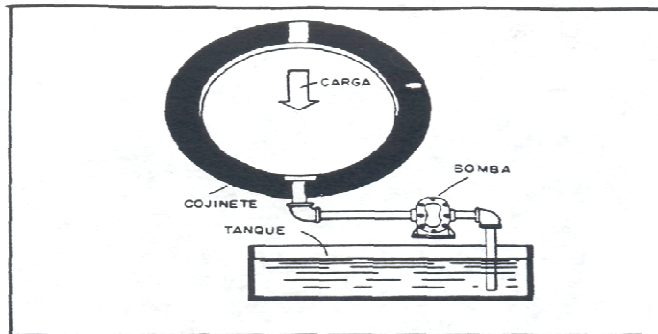
Para que se lleve a cabo la lubricación mixta es necesario que la viscosidad sea lo suficientemente alta para brindar lubricación durante el inicio del ciclo de funcionamiento del mecanismo (lubricación límite), con el mínimo de desgaste, y que sea a su vez lo suficientemente baja para reducir al mínimo la fricción al llegar a convertirse en lubricación hidrodinámica.

### **1.1.5.4. Lubricación hidrostática**

Este tipo de lubricación se obtiene introduciendo el lubricante, el cual puede ser gaseoso o líquido, en el área de soporte de carga a una presión suficientemente alta para separar las superficies con una película gruesa.

La lubricación hidrostática se diferencia de la lubricación hidrodinámica, en que esta clase no requiere movimiento de una superficie en relación con otra y que debe ser introducida a presión. Este tipo de lubricación se utiliza principalmente cuando las velocidades son cero y donde la resistencia valga un mínimo absoluto.

**Figura 13. Principio de la película hidrostática**



Fuente: <http://jrqpingenieria.blogspot.com/p/lubricacion.html&usg>, 07/09/2010

#### **1.1.5.5. Lubricación elastohidrodinámica**

Este tipo de lubricación ocurre en elementos altamente cargados donde la presión es tal que la deformación elástica de las superficies metálicas influye considerablemente en la formación del espesor de película. Es decir cuando las superficies en contacto se deforman en forma elástica o sea que vuelven a su posición inicial y la película de lubricación atrapada entre las superficies provee una lubricación hidrodinámica microscópica. Aquí el espesor de la película lubricación puede ser  $< 1 \mu\text{m}$ .

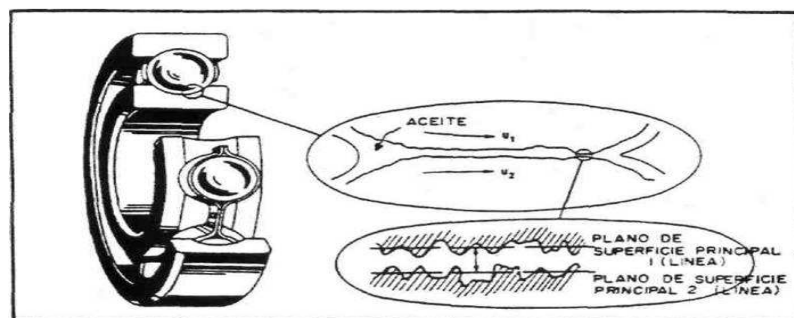
La definición de la lubricación elastohidrodinámica se puede explicar así.

**Elasto:** elasticidad, o sea que la cresta de la irregularidad en el momento de la interacción con la cresta de la otra superficie se deforma elásticamente sin llegar al punto de fluencia del material.

**Hidrodinámica:** una vez que ocurre la deformación elástica de las piezas, la película de aceite que queda atrapada entre las rugosidades forma una película hidrodinámica de un tamaño microscópico menor que el que forma una película hidrodinámica propiamente dicha. En la lubricación hidrodinámica el espesor

de la película lubricante puede ser del orden de 5 mm en adelante, mientras que en la elastohidrodinámica de 1 mm o menos. Normalmente esta lubricación está asociada con superficies no concordantes y con la lubricación por película fluida.

**Figura 14. Principio de la película elastohidrodinámica**



Fuente: <http://jrqpingenieria.blogspot.com/p/lubricacion.html&usg>, 07/09/2010

### 1.1.6. Grasas y aceites

Actualmente, los lubricantes más utilizados son las grasas y los aceites.

Estas dos clases de lubricantes aparecieron teniendo en cuenta factores tales como: velocidades de operación, temperaturas, cargas y contaminantes en el medio ambiente.

Existen diferentes grados de grasas y aceites dependiendo de la necesidad que se tenga y de los factores de operación.

### 1.1.6.1. Grasas

La grasa es un producto que va desde sólido a semilíquido y es producto de la dispersión de un agente espesador y un líquido lubricante que le dan las propiedades básicas. Las grasas convencionales, generalmente son aceites que contienen jabones como agentes que le dan consistencia, el tipo de jabón depende de las necesidades que se tengan y de las propiedades que debe tener el producto.

La propiedad más importante que debe tener la grasa es la de ser capaz de formar una película lubricante lo suficientemente resistente como para separar las superficies metálicas y evitar el contacto metálico.

Existen grasas donde el espesador no es jabón sino productos como arcillas de bentonita. El espesador es el que le confiere propiedades tales como resistencia al agua, capacidad de sellar y de resistir altas temperaturas sin variar sus propiedades ni descomponerse.

**Figura 15. Grasa**



Fuente: <http://www.el4x4.com/spa/item/resource/ART06630/grasas.jpg&imgrefurl>, 07/09/2010

### 1.1.6.2. Aceites

Los aceites son lubricantes constituidos por moléculas largas hidrocarbonadas complejas, de composición química, aceites orgánicos y aceites minerales.

La labor de los aceites es la de interponerse entre dos o más elementos con movimiento relativo, para evitar su contacto directo, reduciendo de esta forma su rozamiento, calentamiento, oxidación, deterioro y rotura.

Esta tarea de los aceites lubricantes, de interposición, es un peligro cuando este se contamina, tanto por sólidos como por otros elementos químicos. La contaminación de un aceite lubricante puede acelerar el envejecimiento de un sistema o equipo lubricado, además de provocar roturas y fallas de los aparatos. Los principales tipos de contaminación que pueden presentarse en los aceites son los siguientes:

**Suciedad:** la contaminación del aceite lubricante por suciedad por partículas sólidas causará ralladuras, abrasión y desgaste en los engranajes, cojinetes, etc. A su vez, estas ralladuras o defectos en la superficie impedirán la creación de una adecuada película lubricante, necesaria para una correcta lubricación.

Agua. El agua mezclada con el aceite lubricante evita la formación de la necesaria película lubricante, provoca la oxidación prematura de los aceites lubricantes y oxida las partes metálicas expuestas a su acción.

**Virutas:** las virutas presentes en los aceites pueden ser de dos tipos, de fabricación, habituales en equipos nuevos o de arranque, partes de elementos dañados. Estas partículas provocan daños muy importantes en cojinetes y engranajes.

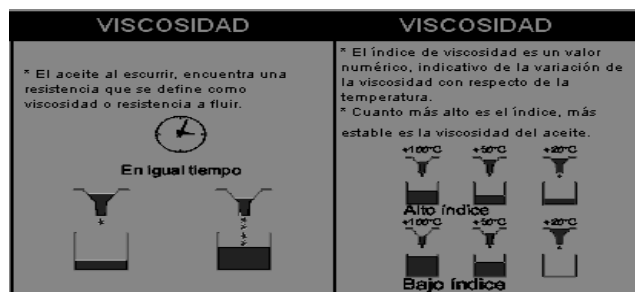
**Químicos:** la contaminación por productos químicos provoca oxidación en los elementos mecánicos, degradación de juntas y del propio aceite.

### 1.1.7. Propiedades y componentes de las grasas

Hay ciertos factores a tener en cuenta cuando se habla de una grasa, como por ejemplo:

**Viscosidad:** es una de las propiedades más importantes de un líquido y más rápidamente observada. Es una medida de rozamiento que acontece entre las diferentes capas cuando un líquido se pone en movimiento. En la vida diaria este fenómeno no es de interés real, pero en la industria el concepto de viscosidad tiene un significado considerable. Es un dato principal en el proceso de fabricación y en la inspección del proceso acabado; en el empleo de la lubricación por aceite, la viscosidad es muy importante al seleccionar el lubricante adecuado. La viscosidad se especifica en  $\text{mm}^2/\text{s}$ , aunque también se indica algunas veces en *cSt* (*centistoke*). Normalmente se indica para 40 y 100°C, aunque en ciertos casos se pueden usar temperaturas de 37.8 (100° F), 50 y 98.9°C (210° F).

**Figura 16. Viscosidad**



Fuente: <http://www.monografias.com>, 07/09/2010

**Estabilidad mecánica:** ciertas grasas, particularmente las líticas de los tipos antiguos, tienen una tendencia para ablandarse durante el trabajo mecánico, pudiendo dar lugar a pérdidas. En instalaciones con vibración, el trabajo es particularmente severo, ya que la grasa está continuamente vibrando en los elementos lubricados.

**Miscibilidad:** en los re-engrases, hay que tener el máximo cuidado de no usar grasas diferentes a las originales. De hecho hay tipos de grasas que no son compatibles; si dos de estas grasas se mezclan, la mezcla resultante tiene normalmente una consistencia más blanda que puede causar la pérdida de grasa y fallo en la película lubricante.

#### **1.1.7.1. Distintos tipos de grasas y aditivos empleados**

Los tipos de grasa más comunes emplean como espesante un jabón de calcio (Ca), sodio (Na), o litio (Li).

##### **1.1.7.1.1. Grasas cálcicas (Ca)**

Las grasas cálcicas tienen una estructura suave, de tipo mantecoso, y una buena estabilidad mecánica. No se disuelven en agua y son normalmente estables con 1-3% de agua. En otras condiciones el jabón se separa del aceite de manera que la grasa pierde su consistencia normal y pasa de semilíquida a líquida. Por eso no debe utilizarse en mecanismos cuya temperatura sea mayor a 60°C. Las grasas cálcicas con aditivos de jabón de plomo se recomiendan en instalaciones expuestas al agua a temperaturas de hasta 60°C. Algunas grasas de jabón calcio-plomo también ofrecen buena protección contra el agua salada, y por ello se utilizan en ambientes marinos. No obstante, existen otras grasas cálcicas estabilizadas por otros medios distintos del agua; éstas se pueden



emplear a temperaturas de hasta 120°C; por ejemplo, grasas cálcicas compuestas.

#### **1.1.7.1.2. Grasas sódicas (Na)**

Las grasas sódicas se pueden emplear en una mayor gama de temperaturas que las cálcicas. Tienen buenas propiedades de adherencia y obturación. Las grasas sódicas proporcionan buena protección contra la oxidación, ya que absorben el agua, aunque su poder lubricante decrece considerablemente por ello. En la actualidad se utilizan grasas sintéticas para alta temperatura del tipo sodio, capaces de soportar temperaturas de hasta 120°C.

#### **1.1.7.1.3. Grasas líticas (Li)**

Las grasas líticas tienen normalmente una estructura parecida a las cálcicas; suaves y mantecosas. Tienen también las propiedades positivas de las cálcicas y sódicas, pero no las negativas. Su capacidad de adherencia a las superficies metálicas es buena. Su estabilidad a alta temperatura es excelente, y la mayoría de las grasas líticas se pueden utilizar en una gama de temperaturas más amplia que las sódicas. Las grasas líticas son muy poco solubles en agua; las que contienen adición de jabón de plomo, lubrican relativamente, aunque estén mezcladas con mucha agua. No obstante, cuando esto sucede, están de alguna manera emulsionadas, por lo que en estas condiciones sólo se deberían utilizar si la temperatura es demasiado alta para grasas de jabón de calcio-plomo, esto es, 60°

#### **1.1.7.1.4. Grasas de jabón compuesto**

Este término se emplea para grasas que contienen una sal, así como un jabón metálico, usualmente del mismo metal. Las grasas de jabón de calcio compuesto son las más comunes de este tipo, y el principal ingrediente es el acetato cálcico. Otros ejemplos son compuestos de Li, Na, Ba (Bario), y Al (Aluminio). Las grasas de jabón compuesto permiten mayores temperaturas que las correspondientes grasas convencionales.

#### **1.1.7.1.5. Grasas espesadas con sustancias inorgánicas**

En lugar de jabón metálico se pueden emplear distintas sustancias inorgánicas como espesantes, por ejemplo, bentonita y gel de sílice. La superficie activa utilizada sobre partículas de estas sustancias absorben las moléculas de aceite. Las grasas de este grupo son estables a altas temperaturas y son adecuadas para aplicaciones de alta temperatura; son también resistentes al agua. No obstante, sus propiedades lubricantes decrecen a temperaturas normales.

#### **1.1.7.1.6. Grasas sintéticas**

En este grupo se incluyen las grasas basadas en aceites sintéticos, tales como aceites esteres y siliconas, que no se oxidan tan rápidamente como los aceites minerales. Las grasas sintéticas tienen por ello un mayor campo de aplicación. Se emplean distintos espesantes, tales como jabón de litio, bentonita y *PTFE* (teflón). La mayoría de las calidades están de acuerdo a determinadas normas de pruebas militares, normalmente las normas *American MIL* para aplicaciones y equipos avanzados, tales como dispositivos de control e

instrumentación en aeronaves, robots y satélites. A menudo, estas grasas sintéticas tienen poca resistencia al rozamiento a bajas temperaturas, en ciertos casos por debajo de  $-70^{\circ}\text{C}$ .

#### **1.1.7.1.7. Grasas para bajas temperaturas (LT)**

Tiene una composición tal que ofrecen poca resistencia, especialmente en el arranque, incluso a temperaturas tan bajas como  $-50^{\circ}\text{C}$ . La viscosidad de estas grasas es pequeña, de unos  $15\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ . Su consistencia puede variar de *NLGI 0* a *NLGI 2*; estas consistencias precisan unas obturaciones efectivas para evitar la salida de grasa.

#### **1.1.7.1.8. Grasas para temperaturas medias (MT)**

Las llamadas grasas multi-uso están en este grupo. Se recomiendan para equipos con temperaturas de  $-30$  a  $+110^{\circ}\text{C}$ ; por esto, se puede utilizar en la gran mayoría de los casos.

La viscosidad del aceite base debe estar entre  $75$  y  $220\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ . La consistencia es normalmente 2 ó 3 según la escala *NLGI*.

#### **1.1.7.1.9. Grasas para altas temperaturas (HT)**

Estas grasas permiten temperaturas de hasta  $+150^{\circ}\text{C}$ . Contienen aditivos que mejoran la estabilidad a la oxidación. La viscosidad del aceite base es normalmente de unos  $110\text{mm}^2/\text{s}$  a  $40^{\circ}\text{C}$ , no debiéndose exceder mucho ese

valor ya, que la grasas se puede volver relativamente rígida a temperatura de ambiente y provocar aumento del par de rozamiento. Su consistencia es *NLGI* 3.

#### **1.1.7.1.10. Grasas extrema presión (EP)**

Normalmente una grasa EP contiene compuestos de azufre, cloro o fósforo y en algunos casos ciertos jabones de plomo. Con ello se obtiene una mayor resistencia de película, esto es, aumenta la capacidad de carga de la película lubricante. Tales aditivos son necesarios en las grasas para velocidades muy lentas y para elementos medianos y grandes sometidos a grandes tensiones. Funcionan de manera que cuando se alcanzan temperaturas suficientemente altas en el exterior de las superficies metálicas, se produce una reacción química en esos puntos que evita la soldadura.

La viscosidad del aceite base es de unos 175mm<sup>2</sup>/s (máx. 200mm<sup>2</sup>/s) a 40° C. la consistencia suele corresponder a *NLGI* 2. En general, las grasas EP no se deben emplear a temperaturas menores de -30° C y mayores de +110° C.

#### **1.1.7.1.11. Grasas anti engrane (EM)**

Las grasas con designación EM contienen bisulfuro de molibdeno (MoS<sub>2</sub>), y proporcionan una película más resistente que los aditivos EP. Son conocidas como las "anti engrane". También se emplean otros lubricantes sólidos, tales como el grafito.

### **1.1.7.2. Aditivos para las grasas**

Para obtener una grasa con propiedades especiales, se incluyen a menudo uno o más aditivos. Entre los existentes, relacionamos los más comunes:

#### **1.1.7.2.1 Aditivos anti desgaste**

Mejoran la protección que la propia grasa ofrece. Es especialmente importante que el equipo en contacto esté bien protegido contra la oxidación si funciona en ambientes húmedos.

#### **1.1.7.2.2. Aditivos antioxidantes**

Retrasan la descomposición del aceite base a alta temperatura. Esto da lugar a mayores intervalos de re lubricación, manteniendo bajos los costos.

#### **1.1.7.2.3. Aditivos EP (extrema presión)**

Por ejemplo: jabones de plomo y compuestos de azufre, cloro o fósforo, aumentan la capacidad de carga de la película.

#### **1.1.7.2.4 Aditivos estabilizadores**

Hacen posible el espesado de aceite base con jabones con los que no forma compuestos fácilmente. Generalmente, sólo se precisa poca cantidad, por ejemplo, la grasa cálcica tiene un 1 a 3% de agua como estabilizador.

### 1.1.8. Características de los aceites lubricantes

**Viscosidad:** la viscosidad se define como la resistencia de un fluido a fluir, formalmente se describe como la oposición de un fluido a las deformaciones tangenciales. Esta resistencia es la propiedad más importante de los aceites y es un factor determinante para la formación de la película lubricante.

Si la viscosidad es demasiado baja la película lubricante no soporta cargas entre las piezas y desaparece del medio sin cumplir su objetivo de evitar el contacto entre superficies, si la viscosidad es demasiado alta el lubricante no es capaz de llegar a todos los espacios en donde es requerido. Al ser alta la viscosidad es necesaria mayor fuerza para mover el lubricante originando de esta manera mayor desgaste en la bomba de aceite, además de no llegar a lubricar rápidamente en el arranque en frío.

La viscosidad proporciona a los lubricantes algunas de las funciones más importantes de éstos, como lo es la reducción de calor entre superficies giratorias (cojinetes, cilindros, engranajes). Además tiene que ver con el efecto sellante del aceite y determina la facilidad con que la maquinaria arranca bajo condiciones de baja temperatura ambiente.

Se puede decir que la viscosidad es la medida de la fluidez a determinadas temperaturas, debido a que la viscosidad de cualquier fluido cambia con la temperatura, esta incrementa a medida que la temperatura disminuye y disminuye a medida que la temperatura aumenta.

### 1.1.8.1. Factores que afectan a la viscosidad.

En cualquier caso, sería deseable que la viscosidad de los lubricantes permaneciera constante a lo largo del tiempo, pero lamentablemente esto no sucede así, pues se ve afectada por las condiciones bajo las cuales son sometidos los lubricantes. Los principales factores que afectan la viscosidad son los siguientes:

**Temperatura:** la viscosidad de los lubricantes aumenta cuando la temperatura baja, y disminuye cuando esta aumenta, esto es debido a que cuando aumenta la temperatura de cualquier sustancia (especialmente en líquidos y gases) sus moléculas adquieren mayor movilidad y su cohesión disminuye.

**Presión:** una propiedad de los lubricantes es que al aumentar la presión, aumenta la viscosidad.

**Velocidad de corte:** no todos los fluidos responden igual a variación de la velocidad de corte. En la mayoría de los fluidos el grado de desplazamiento de las capas de líquido es proporcional a la fuerza que se aplica.

**Sustancias extrañas:** durante su utilización, el lubricante está expuesto a sustancias extrañas, que acaban afectándole, modificando sus características. Al contrario que la temperatura o la velocidad de corte, esta modificación será permanente y progresiva.

### 1.1.8.2. Índice de viscosidad

Indica la variación de la viscosidad con respecto a cambios de temperatura. Un aceite con alto índice de viscosidad (mayor de 100) indica que

sufre poca variación de la viscosidad cuando es sometido a altas y bajas temperaturas, mientras que un aceite con un bajo índice de viscosidad (menor de 100) significa que su viscosidad se ve muy afectada por los cambios de temperatura.

Esto significa que si un lubricante de alto índice de viscosidad y un lubricante de bajo índice de viscosidad tienen la misma viscosidad a temperatura ambiente, a medida que la temperatura aumenta el lubricante de alto índice se adelgazará menos, y por consiguiente, tendrá una viscosidad mayor que el lubricante de bajo índice a temperaturas altas. En aplicaciones donde la temperatura de operación varía sobre un amplio rango adquiere una importancia fundamental.

#### **1.1.8.3. Bombeabilidad**

Es la capacidad de un lubricante para fluir de manera satisfactoria impulsado por una bomba, en condiciones de baja temperatura. Esta propiedad está relacionada directamente con la viscosidad.

#### **1.1.8.4. Adhesión o adherencia**

Capacidad de un lubricante de unirse a una superficie sólida. Está relacionada con las fuerzas intermoleculares del lubricante.

#### **1.1.8.5. Formación de espuma**

La espuma es una aglomeración de burbujas de aire u otro gas, separados por una fina capa de líquido que persiste en la superficie. Suele formarse por agitación violenta del líquido.



#### **1.1.8.6. Emulsibilidad**

La emulsibilidad es la capacidad de un líquido no soluble en agua para formar una emulsión.

Se llama emulsión a una mezcla íntima de agua y aceite. Puede ser de agua en aceite (siendo el agua la fase discontinua) o de aceite en agua (donde el agua es la fase continua). Se considera que una emulsión es estable si persiste al cesar la acción que la originó y al cabo de un tiempo de reposo.

#### **1.1.8.7. Demulsibilidad**

Se llama así a la capacidad de un líquido no soluble en agua para separarse de la misma cuando está formando una emulsión. La adecuada eliminación del agua facilita en muchos casos la lubricación, reduciendo el desgaste de piezas y la posibilidad de corrosión.

#### **1.1.8.8. Aeroemulsión**

La aeroemulsión es una emulsión de aire en aceite, formada por burbujas muy pequeñas dispersas por todo el líquido. Las aeroemulsiones son muy difíciles de eliminar y provocan problemas semejantes a los de la espuma superficial. Esta es una propiedad que no puede ser modificada con aditivos.

#### **1.1.8.9. Punto de goteo**

Se llama punto de goteo a la temperatura a la cual una grasa pasa de estado semisólido a líquido. Este cambio de estado puede ser brusco o paulatino. La operación en temperaturas próximas al punto de goteo

obviamente afectará a la eficacia lubricante de la grasa. El punto de goteo no está relacionado con la calidad de la grasa.

#### **1.1.8.10. Punto de inflamación**

Se llama punto de inflamación a la temperatura mínima en la cual un aceite empieza a emitir vapores inflamables. Está relacionada con la volatilidad del aceite. Cuanto más bajo sea este punto, más volátil será el aceite y tendrá más tendencia a la inflamación.

Un punto de inflamación alto es signo de calidad en el aceite. En los aceites industriales el punto de inflamación suele estar entre 80°C y 232 °C.

#### **1.1.8.11. Punto de combustión**

Se llama así a la temperatura a la cual los vapores emitidos por un aceite se inflaman, y permanecen ardiendo al menos cinco segundos al acercársele una llama.

#### **1.1.8.12. Punto de enturbiamiento**

Se llama punto de enturbiamiento a la temperatura a la cual las parafinas y otras sustancias disueltas en el aceite se separan del mismo y forman cristales, al ser enfriado el mismo, adquiriendo así un aspecto turbio. Esta característica es especial en los aceites que operan en temperaturas ambiente muy bajas, ya que afecta a la facilidad para bombear el aceite y su tendencia a obstruir filtros y pequeños orificios.

### **1.1.8.13. Punto de congelación**

El punto de congelación (también llamado punto de fluidez) es la menor temperatura a que se observa fluidez en el aceite al ser enfriado. El punto de congelación se alcanza siempre a temperatura inferior a la del punto de enturbiamiento. Al igual que este, es una característica importante en aquellos aceites que operan a muy bajas temperaturas ambientales.

Al momento de seleccionar un lubricante, se debe de tomar en cuenta el uso que se le dará a éste y las condiciones a las cuales se verá sometido. Al escoger un lubricante adecuado según su aplicación, se deben de conocer las características más importantes y fundamentales que nos permitan mejorar el rendimiento de la maquinaria, así como la reducción en el consumo del mismo.

Todas las máquinas necesitan de lubricación ya que mejoran tanto el funcionamiento como la vida útil de los equipos y maquinarias. Cuando dos cuerpos sólidos se frotan entre sí, hay una considerable resistencia al movimiento sin importar lo cuidadosamente que las superficies se hayan maquinado y pulido. La fricción se puede reducir por el uso de partes móviles con energía de superficie baja que se deslizan con facilidad una sobre otra.

Materiales como el polietileno y el nylon tienen energías de superficies bajas. Aunque estos materiales son útiles en aplicaciones especializadas, es más usual emplear lubricantes para reducir la fricción.

### **1.1.9. Sistemas de lubricación**

Debido a que el rozamiento se encuentra presente en los sistemas y las máquinas, es necesario utilizar sistemas que permitan mantener lubricados los

equipos y la maquinaria adecuadamente. El rozamiento crea una pérdida de energía mecánica perjudicial para todo mecanismo y se traduce en un calentamiento de las piezas que estén en contacto, ocasionando desgaste y deformaciones. Es por esto que se han desarrollado diferentes métodos para hacer llegar el lubricante a su punto de destino de cada equipo. Los sistemas de lubricación pueden ser puntuales o centralizados.

#### **1.1.9.1. Sistemas puntuales**

Este sistema de lubricación es muy utilizado en las industrias, pues no requiere de altas inversiones. Los sistemas de lubricación puntuales son los sistemas donde el lubricante debe de ser introducido al mecanismo directamente en el lugar donde se encuentre el equipo, lo cual puede ser un proceso peligroso para el personal de mantenimiento, pues los equipos se pueden encontrar en áreas peligrosas, confinadas o a alturas potencialmente de riesgo.

#### **1.1.9.2. Sistemas centralizados**

Los sistemas de lubricación centralizados son aquellos donde el lubricante se distribuye en los equipos desde un depósito central, hacia los puntos de lubricación. El diseño de este tipo de sistemas debe de ser elaborado cuidadosamente, según las necesidades de lubricante de cada equipo, es recomendable, en general, para aquellas aplicaciones donde se cuenta con gran cantidad de puntos que requieren lubricación programada

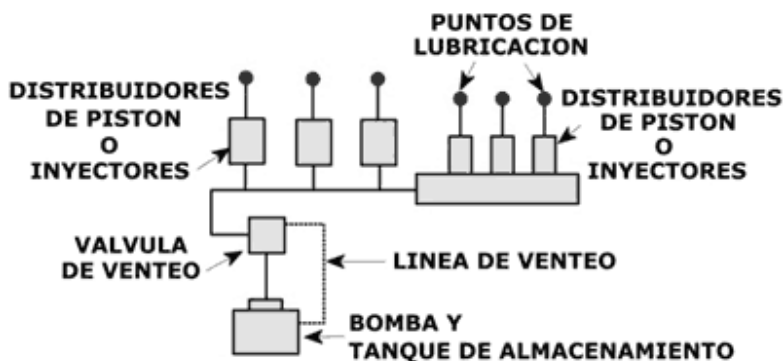
Ambos sistemas de lubricación pueden ser aplicados de forma manual, semi automática o automatizada.

### 1.1.10. Tipos de sistemas centralizados

#### 1.1.10.1 Sistema de línea simple

Los sistemas de lubricación centralizada por línea simple están diseñados para alimentar los puntos de lubricación de la máquina con cantidades relativamente pequeñas de lubricante conforme a las necesidades de los puntos, ya que permiten lubricar intermitentemente, aportando una cantidad definida cada vez que se realiza un ciclo. Los dosificadores intercambiables de los distribuidores con distinto caudal nos permiten también repartir el lubricante exacto en cada pulso o ciclo de trabajo de la bomba. Los sistemas de línea simple pueden ser utilizados tanto para aceite como para grasa fluida.

Figura 17. Sistema en paralelo en una sola línea



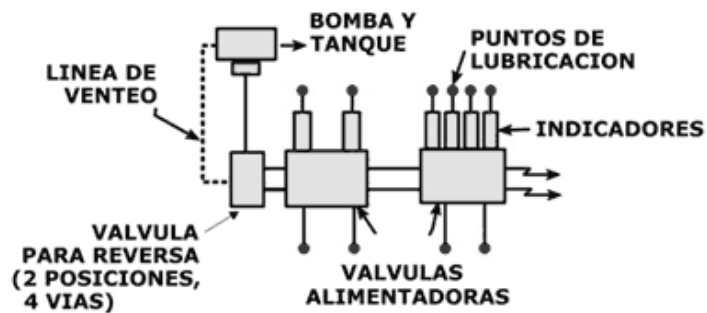
Fuente: [http://www.techniforum.com/central\\_lubrica\\_07.htm](http://www.techniforum.com/central_lubrica_07.htm), 14/11/2010

#### 1.1.10.2 Sistema de línea doble

Los sistemas de línea doble se usan para lubricar máquinas e instalaciones con un gran número de puntos de lubricación, largas distancias y condiciones adversas de funcionamiento. Este sistema de lubricación centralizada, está basado en dos líneas principales, que son presurizadas y

despresurizadas alternativamente. También pueden ser utilizados tanto para aceite como para grasa fluida.

**Figura 18. Sistema en paralelo de doble línea**

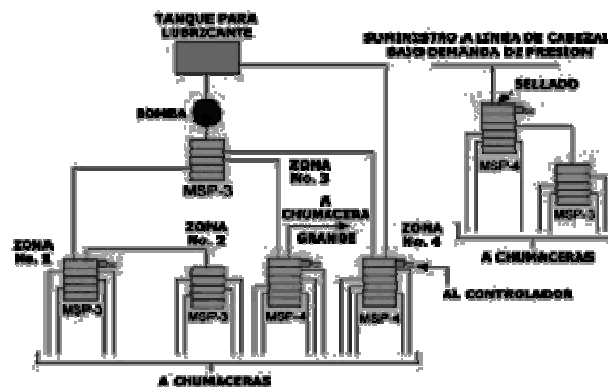


Fuente: [http://www.techniforum.com/central\\_lubrica\\_07.htm](http://www.techniforum.com/central_lubrica_07.htm), 14/11/2010

### 1.1.10.3 Sistema progresivo

Estos sistemas reparten aceite o grasa en operaciones intermitentes. El lubricante impulsado por la bomba es conducido hacia los distribuidores progresivos, que dividen la cantidad de lubricante según la función de la cantidad de salidas de cada distribuidor.

**Figura 19. Sistema en serie progresiva con válvula de derivación**



Fuente: [http://www.techniforum.com/central\\_lubrica\\_07.htm](http://www.techniforum.com/central_lubrica_07.htm), 14/11/2010

#### **1.1.10.4 Sistema de circulación de aceite**

Utilizado en máquinas o instalaciones que precisen grandes cantidades de aceite para la lubricación e intercambio de calor, necesitando en muchas ocasiones un flujo constante de lubricante.

#### **1.1.10.5 Sistema de lubricación hidrostática**

Las bombas de circuito múltiple garantizan un flujo constante de aceite incluso en casos de contrapresiones irregulares. Cada punto de lubricación constituye un circuito independiente de la bomba. El aceite descargado forma una película extremadamente fina de lubricante. La pieza se levanta unos pocos  $\mu\text{m}$  y literalmente flota a través del lecho de la máquina.

#### **1.1.10.6 Sistema de lubricación para cadenas**

Se utilizan para aplicar directamente al exterior, inyectar la grasa dentro de los rodillos o con un rociado de aerosol directamente a los puntos de lubricación. Este sistema lubrica completamente la cadena sin necesidad de interrupciones, con una lubricación precisa y ecológica.

#### **1.1.10.7 Sistema de lubricación por aire comprimido**

Los inyectores de aceite reparten y miden el lubricante. La mezcla del aceite con el aire se realiza en el momento de inicio de la circulación del flujo. La cantidad de aceite se ajusta con el dosificador del inyector.

## **2. MARCO II**

### **2.1. Planteamiento del problema**

Al implementar mejoras en los métodos de lubricación de los equipos sometidos a grandes cargas, es posible controlar, e incluso obtener una considerable reducción de daños y desgaste entre las piezas. Este caso de estudio analiza la posibilidad de implementar un sistema de lubricación que le permita a la planta de alimentos, obtener una reducción en los costos generados en las acciones de mantenimiento en el molino de mostaza, así como una disminución de daños y desgaste de los equipos.

El implementar un sistema de lubricación automatizado, implica elaborar un diseño que permita garantizar la lubricación de los equipos, donde el lubricante llegue al punto correcto, en la cantidad precisa y a su debido tiempo. Al cumplir con estos requerimientos se logrará reducir el impacto del mantenimiento en las máquinas y equipos de una empresa, lo que puede representar una disminución en los costos de mantenimiento, al mismo tiempo que se incrementa la producción, ya que se reducen las paradas no programadas y los desperfectos mecánicos.

A partir de este razonamiento, surgen entonces las siguientes interrogantes:

¿Cuáles son los beneficios de implementar un sistema de lubricación automatizado al proceso de producción de mostaza en una planta de



alimentos?, ¿Cómo se relacionan los costos del sistema de lubricación actual y los costos de implementar y mantener un sistema de lubricación automatizado?

Y ¿Cuál es el estado actual del molino de mostaza, su tiempo estimado de vida y por qué es importante su lubricación?

## **2.2. Objetivos**

### **2.2.1. Objetivo general:**

Elaborar un estudio técnico y financiero para determinar el mejor sistema de lubricación a implementar en el molino de mostaza en una planta de alimentos, que le permita disminuir los periodos de tiempo improductivo y aumentar la vida de los molinos.

### **2.2.2. Objetivos específicos:**

- Optimizar el sistema de lubricación en la planta de alimentos, para que el lubricante llegue al punto correcto en la cantidad precisa y a su debido tiempo y que represente una disminución de los costos
- Reducir el consumo de lubricantes
- Minimizar las actividades de mantenimiento correctivo, así como las paradas no programadas causadas por deficiencias dentro del sistema de lubricación

- Aumentar el tiempo de vida de los equipos en la planta de alimentos, así como evaluar las condiciones de estos y pronosticar el tiempo de vida por medio de análisis técnicos
- Determinar los costos del sistema actual de lubricación y los costos para la implementación y de mantenimiento del sistema automatizado de lubricación del molino de mostaza
- Evita la contaminación ambiental relacionada con el desperdicio de lubricantes

### **2.3. Hipótesis**

La implementación de un sistema automatizado de lubricación, así como el uso de un lubricante adecuado para el molino de mostaza, generarán una reducción en los costos de operación y de mantenimiento, y evitará los paros no programados.

### **2.4. Formulación y definición de variables**

#### **2.4.1. Variables**

##### **2.4.1.1. Costos de lubricación**

**Definición conceptual:** es la cantidad de recursos monetarios que se pagan por servicios, consumo y mantenimiento de lubricación.

**Definición operacional:** es la cuantificación de los gastos de mantenimiento de maquinaria y equipos utilizados en la planta de alimentos, generados por lubricación. Los cuales se componen de:

- **Costos de mano de obra:** salario de las personas involucradas directamente en el mantenimiento
- **Costos de repuestos:** valor monetario de las piezas que fallan con mayor frecuencia debido a una lubricación inadecuada
- **Costo del lubricante:** valor monetario del consumo de grasa o aceites utilizados en la planta de alimentos
- **Costos del equipo de lubricación:** valor monetario de cada uno de los elementos que conforman el sistema de lubricación
- **Costos administrativos:** valor monetario de los costos implícitos, es decir al valor monetario de los recursos propios que podrían utilizarse.

#### 2.4.1.2 Sistema de lubricación

**Definición conceptual:** equipo destinado para el control y distribución de lubricación de una aplicación determinada.

**Definición operacional:** conjunto de dispositivos necesarios para el control de las condiciones de lubricación para puntos específicos, compuesto por bomba para dosificación de lubricante, líneas de distribución, lubricante y otros dispositivos (válvulas, inyectoros, boquillas, conectores, etcétera).

## **2.5. Alcances y límite**

### **2.5.1. Alcances**

El alcance de este caso de estudio consiste en desarrollar un análisis financiero para la implementación de un sistema de lubricación automatizado para el molino de mostaza, con base a los requerimientos y estado actual de los equipos, que represente un ahorro en los costos de mantenimiento, así como el de diagnosticar el estado actual de los molinos de mostaza y evaluar su tiempo de vida.

### **2.5.2. Límites**

Este caso de estudio no investiga los esfuerzos a los cuales se someten el molino de mostaza, ni a las deformaciones que se presentan en estas debido a la carga de la molienda, sino que busca la manera de mantener correctamente lubricado el molino para reducir el desgaste y aumentar su tiempo de vida.

Tampoco se pretende desarrollar un diseño del sistema de lubricación o realizar estimaciones de la frecuencia y cantidad necesaria a dosificar. Por último, es importante recalcar que únicamente se estudia la lubricación que requieren los molinos de mostaza dentro de la planta de alimentos y no equipos relacionados con el proceso de producción de mostaza.

## **2.6. Aporte**

El desarrollo de este caso de estudio busca comparar dos métodos de sistemas de lubricación para el molino de mostaza dentro de la planta de alimentos bajo condiciones particulares. Para ello se desarrollará un análisis

económico donde se investigarán los costos de cada una de las opciones y determinar la rentabilidad de cada uno de ellos. Así mismo se analizarán las condiciones de operación y se intentará pronosticar la vida útil del molino de mostaza al estudiar las tendencias de los análisis de lubricación para estos equipos.

El caso puede ser utilizado como un instrumento para la aplicación de los conceptos teóricos, siendo un método práctico para el análisis de la información y solución de problemas orientados a la toma de decisiones certeras.

El aporte para la empresa consiste en desarrollar un estudio sobre las condiciones actuales de operación y estado del molino de mostaza, así como evaluación económica sobre la implementación de un sistema de lubricación, que le proporcione beneficios que incrementen la productividad.

Al implementar un sistema de lubricación eficaz al proceso de producción de mostaza, se garantiza, un manejo adecuado de los lubricantes, evitando los desperdicios y reduciendo la contaminación hacia el alimento, eliminando de esta forma una fuente de contaminación que beneficia a la sociedad guatemalteca.

### **3. MARCO III**

#### **3.1. Unidades de análisis**

Para la realización de este caso de estudio, es necesario analizar los datos de la planta de alimentos, relacionados con fallas en la maquinaria y en los equipos, concernientes a problemas de lubricación, así como los diferentes reportes de aceite obtenidos por laboratorios especializados que analizan las muestras de lubricantes para evaluar el estado de los molinos de mostaza. Se recopilará información sobre los costos de lubricación actuales, así como se evaluarán los costos del lubricante y de mantenimiento de la propuesta del sistema automatizado de lubricación. Se analizarán los manuales con lo que se cuenta la planta de los diferentes equipos y los puntos importantes de lubricación para cada uno de ellos. Se analizarán algunas otras especificaciones para cada equipo en particular.

Se utilizarán otro tipo de documentos con los cuales cuente la empresa, sobre estudios relacionados con el tema de lubricación.

#### **3.2. Instrumentos**

Las herramientas a utilizar para el desarrollo de este caso de estudio son las siguientes:

- Reportes y datos de la planta como son los tiempos improductivos, estadísticas y tendencias

- Reportes periódicos de análisis de aceite de las muestras de lubricante de los molinos de mostaza
- Estudios realizados sobre costos administrativos, de operación y de mantenimiento
- Tablas de precios de lubricantes

### **3.3. Procedimiento**

A través de los datos obtenidos por la planta de alimentos sobre los tiempos improductivos y los causantes de estos, se determinarán porcentualmente los principales puntos a tomar en cuenta que merecen atención prioritaria en lo que a lubricación respecta. Se calcularán los costos actuales relacionados al sistema de lubricación que se encuentra operando en planta para los molinos de mostaza. Luego, basado a los manuales del fabricante u otro tipo de documentos, con los que cuente la planta, se establecerán los aspectos necesarios para proporcionar una adecuada lubricación, como lo es el requerimiento del mismo, carga a la cual está sometido el mecanismo, ambiente idóneo, factores sobre los cuales opera, etcétera.

Se invitará a una empresa especializada en sistemas de lubricación para que realice una cotización sobre un sistema automatizado para los molinos de mostaza, así como se evaluarán los costos relacionados para la instalación y mantenimiento del mismo. Se evaluarán los lubricantes recomendados y se escogerá el que proporcione mayores beneficios mecánicos y económicos.

A partir de estos análisis se procederá a realizar el análisis financiero, respecto a la opción de continuar operando bajo el sistema actual de lubricación

o sobre implementar el nuevo sistema de lubricación automatizado para los molinos de mostaza.

A la vez se estudiarán los reportes periódicos de los análisis de aceite del sistema de lubricación actual para establecer tendencias que nos proporcionen información sobre el estado actual de los molinos de mostaza, el ambiente de operación de estas y así poder determinar su tiempo estimado de vida.

### **3.3.1. Sistema manual de lubricación**

- Identificar el equipo utilizado en la lubricación
- Determinar el tipo y consumo de lubricante usado
- Verificar los ciclos de lubricación
- Evaluar el método de lubricación
- Identificar los problemas causados por el sistema actual de lubricación
- Establecer los tiempos de mantenimiento preventivo y correctivo
- Determinar los costos de mantenimiento (lubricante, repuestos, mano de obra, reparaciones, traslados, paradas)

### **3.3.2. Sistema centralizado y automático de lubricación**

- Obtener la información requerida para el diseño:
  - Tipo, marca y modelo del molino de mostaza
  - Cantidad de puntos de lubricación
  - Identificación de los puntos o elementos a lubricar
  - Dimensiones de cada uno de los puntos de lubricación
  - Agentes contaminantes presentes



- Desarrollar el diseño para la automatización del sistema de lubricación
- Analizar la información recopilada
- Evaluar la factibilidad de la implementación del diseño

## **4. MARCO IV**

### **4.1. Manual del fabricante**

#### **4.1.1. Seguridad**

##### **4.1.1.1. Generales**

- Las condiciones previas básicas para el manejo exacto y seguro y para el funcionamiento sin averías de esta máquina son el conocimiento del presente capítulo de "Seguridad"
- Todas las personas que trabajen con la máquina tienen que tener en cuenta el presente capítulo
- Además, se tiene que prestar atención a las normas válidas para el lugar de uso y las instrucciones de prevención de accidentes

##### **4.1.1.2. Peligros en la máquina**

- La instalación del molino de mostaza está construida según la técnica más moderna y es segura en su funcionamiento
- Dentro de la empresa ya se examinó la seguridad de la instalación completa y se realizó una inspección final
- Esta máquina puede ser peligrosa si es usada inadecuadamente por personal no calificado o si no se respetan las normas de uso:

- Para la vida de la persona que accione la máquina
- Para la máquina del empresario
- Para el rendimiento eficaz de la máquina
- Todas las personas que tengan que ver con el montaje, la puesta en marcha, el funcionamiento y el mantenimiento de la máquina tienen que leer y prestar atención a las siguientes indicaciones

#### **4.1.1.3. Finalidad del uso de la máquina**

- La instalación del molino de mostaza sólo está destinada a la fabricación o elaboración de productos como se indica en la especificación técnica
- En caso que se produzcan o elaboren otros productos, está a su disposición nuestro servicio de asistencia técnica al cliente
- Están prohibidas las transformaciones y modificaciones no autorizadas

#### **4.1.1.4 Emisiones**

- El nivel de sonido continuo de esta instalación está por debajo de los 70db(A)

#### **4.1.1.5. Fuentes de peligro**

- El molino trabaja con herramientas giratorias que pueden causar heridas graves
- No retirar nunca el equipamiento de seguridad o eliminarlo a través de transformaciones

- Cuando haya que desmontar piezas de la instalación para revisar o limpiar, deben ser antes desconectados todos los motores y accionamientos. Pulsar el interruptor de emergencia. Desconectar protección
- La instalación debe ser apagada al abandonar ésta

#### **4.1.1.6. Lugar de trabajo**

- El lugar de trabajo se encuentra en el panel de control del molino. Al ajustar las revoluciones en el volante de mano de la bomba helicoidal excéntrica. Al graduar la abertura de molido en el volante de mano del molino.

#### **4.1.1.7 Personal autorizado**

- El responsable de la instalación tiene que poner al alcance de la persona que accione la máquina, las instrucciones de funcionamiento y asegurarse que éste las ha leído y entendido. Sólo entonces puede poner en marcha la instalación
- Las atribuciones de las diferentes actividades en la instalación tienen que ser determinadas y respetadas. No se deben producir confusiones que puedan poner en peligro la seguridad del usuario
- La persona que accione la máquina:
  - Debe preocuparse de que sólo trabaje en la instalación, el personal autorizado. Es responsable en el área de trabajo frente a terceros

- Está obligado a comunicar inmediatamente los cambios producidos en la instalación del molino de mostaza, que pongan en peligro la seguridad
- Es responsable de que la instalación del molino de mostaza funcione correctamente

#### **4.1.1.8. Medidas de seguridad en el lugar de montaje**

- Al planificar el espacio, se tiene que tener en cuenta que hay que poner a disposición suficiente espacio para la instalación del molino de mostaza a fin de facilitar los trabajos de montaje e instalación. Las máquinas que se instalan primeramente y las que se instalan posteriormente tienen que tener su espacio correspondiente
- La instalación del molino de mostaza no necesita ninguna sujeción durante el montaje y puede hacerse directamente en el suelo. Con la colocación de los pies de la máquina se pueden igualar los pequeños desniveles o inclinaciones. Por regla general, los instaladores realizan esto
- El suelo debe ser suficientemente firme y resistente
- A través de controles e instrucciones dentro de la empresa, se tiene que asegurar que los alrededores del área de trabajo estén siempre limpios y despejados

#### **4.1.1.9 Comportamiento en caso de emergencia**

- En caso de emergencia hay que pulsar inmediatamente el interruptor rojo de apagado de emergencia del panel de control

#### **4.1.1.10 Instrucciones de seguridad en el manual**

Las instrucciones de seguridad están señaladas como siguen:

##### **¡Importante!**

Señala consejos de uso y otras informaciones especialmente útiles.

##### **¡Peligro!**

Señala un peligro inmediato. Si no lo evita, puede ocasionarle la muerte o heridas graves.

##### **¡Advertencia!**

Señala una posible situación de peligro. Si no la evita, puede ocasionarle la muerte o heridas graves.

##### **¡Precaución!**

Señala una posible situación de peligro. Si no la evita, puede ocasionarle heridas leves o de poca consideración.

#### **4.1.2. Equipamiento de protección**

En el capítulo está descrito el equipamiento de protección de la instalación del molino de mostaza. Además, hay una lista de comprobación para revisar el equipo de protección.

Hay que controlar el equipamiento de protección:

- al comienzo de cada turno de trabajo con un funcionamiento discontinuo

- una vez a la semana con un funcionamiento permanente
  - después de cada mantenimiento o reparación
- Hay que comprobar:
- el estado especificado
  - la situación especificada
  - la sujeción segura
  - la función especificada
- utilice para el control la lista de comprobación de la página siguiente. ¡se deben suprimir las deficiencias antes de poner en marcha la máquina!
  - si aparecen deficiencias durante el funcionamiento, hay que parar inmediatamente la máquina y eliminarlas
  - está prohibido desconectar el equipamiento de protección en la instalación a través de cambios

#### **4.1.2.1. Lista de comprobación**

Utilice la presente lista para la revisión. Fotocopie ésta para los controles regulares. Marque cada punto si está en orden.

- Chapas de revestimiento en la base: todas montadas y bien fijadas con tornillos
- Interruptor de apagado de emergencia; la instalación tiene que desconectarse inmediatamente, si éste se pulsa
- El panel de control tiene que estar cerrado

- Interruptor de seguridad en la tapa del molino, fijado y bien atornillado
- Tuberías bien fijadas con tornillos

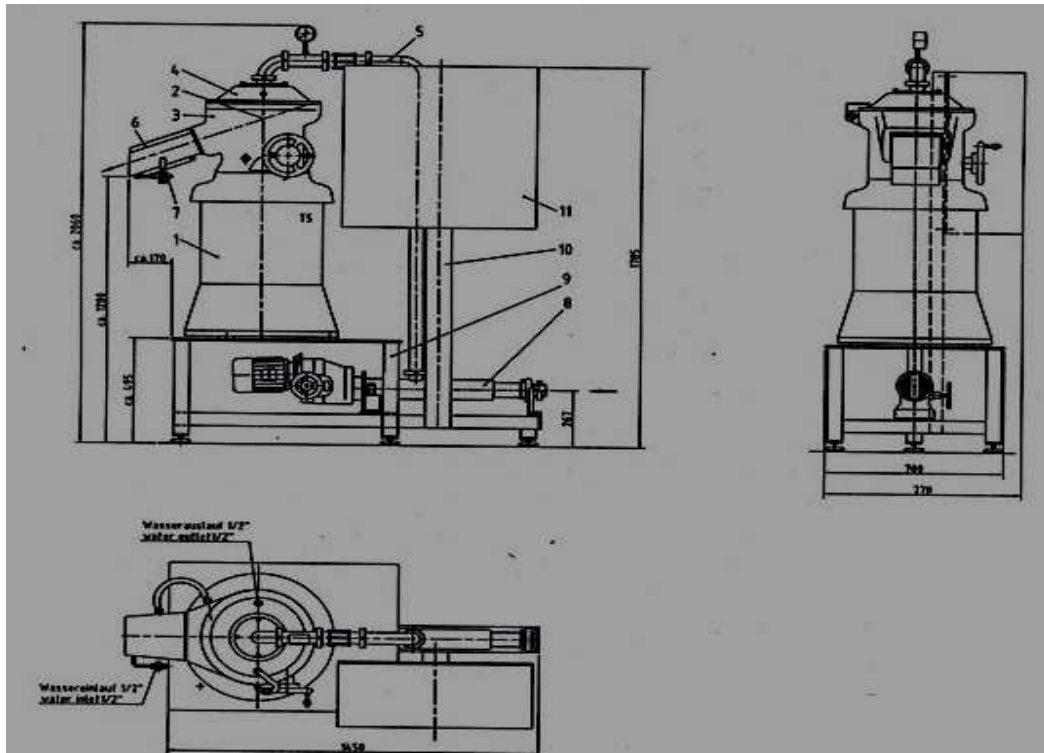
### **4.1.3. Puesta en funcionamiento**

#### **4.1.3.1. Lista de elementos**

- Base
- Plataforma
- Bomba de alimentación con accionamiento
- Entrada del producto
  - Indicador de la presión
  - Mirilla
- Planta de molienda
  - Mando principal
  - Área de trabajo
  - Sistema de conducto de refrigeración
  - Tapa
  - Salida del producto
  - Sistema de conducto de refrigeración
- Fijación de panel de control
- Equipamiento eléctrico
  - Panel de control



**Figura 20. Molino de mostaza con sus partes**



Fuente: Manual del fabricante

#### 4.1.3.2 Datos técnicos de las máquinas

Producto a tratar	Mostaza
Material de las piezas en contacto con el producto	AISI 316 L (1.4404/1.4435) / 1.4408
Calidad de los retenes	EPDM
Conexión eléctrica	220 V/60 Hz/3 Ph/ N/ PE
Voltaje de control	24 VDC
Protección	IP 54

#### Mando principal

Modelo	Motor trifásico
--------	-----------------

Potencia	34kw
Velocidad	3600 rpm
Clase aislante	B
Material del eje motor	St 60
Disposición de cojinetes	Arriba triple Abajo simple
Material del recubrimiento del motor	AISI 304 (1.4301)
Lubricación	Central
Entre muelas	Manual

### **Molino**

Alimentación del producto	Hoja de alimentación
Material de las muelas	Corindón normal
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grano del rotor</li> <li>• Grano del stator</li> <li>• Diámetro interior</li> </ul>	Grano 46, rodeado por un anillo de acero Grano 60 320 mm.
Retén	Anillo retén

### **Zona de molienda**

Construcción	Con doble camisa
Conexión para el agua	R ½"
Ajuste de la separación adicional	Varillas de protección en la descarga de producto
Adicional	Interruptor de seguridad

### **Tapa**

Construcción	Con doble camisa
Conexión para el agua	R ½"

## **Entrada del producto**

Construcción	Manguitos para la alimentación con bomba incluye: <ul style="list-style-type: none"><li>• Mirilla DN 50</li><li>• Manómetro 0-10 bar</li></ul>
Conducto	DN 50

## **Salida del producto**

Construcción	Con doble camisa <ul style="list-style-type: none"><li>• Con tapa basculante</li></ul>
Conexión para agua	R ½"
Equipamiento adicional	Reductor de presión ½", 0-10 bar

## **Bomba de alimentación**

Bomba	Bomba excéntrica de acarreo
Tipo	NM 031
Material del estator	Perbunan SR
Sellado	Retén frontal de efecto simple
Conexión de aspiración	DN 50 (DIN 11851)
Conexión de presión	DN 50 (DIN 11851)
Motor de la bomba	Motor de mecanismo ajustable a corriente trifásica
Potencia	1.1 kw
Protección	IP 55
Clase aislante	B
Velocidad	80-402 rpm

Ajuste de la velocidad

Manual

### **Equipamiento eléctrico**

Construcción

\*Conmutador en triángulo

Estrella automático con protección para el motor

\*Interruptor de urgencia

\*Botón para la instalación de producción con la bomba en la cara CI

#### **4.1.3.3 Desembalaje (para embalajes en cajas de madera grandes)**

- Retirar la tapa y los laterales de la caja de madera
- Levantar la instalación de la base del embalaje de madera
- Prestar atención a la suficiente capacidad de carga del aparato de levantamiento

#### **4.1.3.4 Montaje**

- Colocar la instalación en una superficie llana y resistente
- La distancia respecto a las paredes no puede ser menor a 0,5 m.
- Ajustar horizontalmente el marco base, regulando los pies de la máquina

- Acople a la instalación un interruptor que se pueda cerrar para que no pueda ser accionada por personas no autorizadas.

#### **4.1.3.5 Conexión eléctrica**

- Enchufar la clavija de enchufe (europea)
- Si se efectúa una conexión permanente a la red industrial, sólo puede ser realizada por personal especializado con formación o electricistas.

#### **4.1.3.6 Toma de agua**

- Conectar el abastecimiento de agua al regulador de presión

### **¡Atención!**

La presión en la entrada del agua refrigerante no debe exceder 0,5 bar. La entrada debe ser abierta, para evitar presión.

#### **4.1.3.7 Control del sentido de rotación**

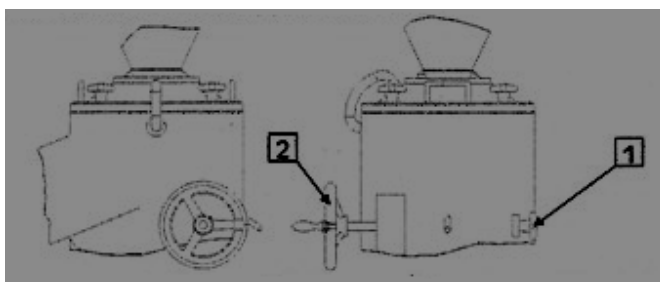
- El sentido de rotación del motor del molino en la dirección de la flecha
- La instalación del molino de mostaza fue instalada eléctricamente en la empresa, de tal forma que todos los otros motores tienen el sentido de rotación correcto

### 4.1.3.8 Antes de la puesta en funcionamiento

#### 4.1.3.8.1 Molino

- Durante el arranque, las muelas no deben estar en contacto. Para comprobarlo:
  - hacer girar el rotor en vacío (arrancando el motor y parándolo inmediatamente). Escuchar si rozan (se apoyan) entre sí
- Si las muelas se apoyan entre sí:
  - Soltar la manilla en cruz (1) que está frente al volante de mano (2)

**Figura 21. Parte de molino**



Fuente: Manual del fabricante

- Girar el volante de mano hacia la izquierda - la separación entre muelas se agranda
  - Apretar la manilla en cruz
- Controlar que todos los tornillos estén firmes

Leer y prestar atención al inciso de "Manejo". Comprobar el equipamiento de protección.

#### **4.1.3.8.2 Mecanismo de regulación**

- Abrir girando a la izquierda la válvula de ventilación instalada para la forma de construcción planeada

#### **4.1.4 Manejo**

¡Solamente si se han leído y entendido las indicaciones de seguridad, se puede accionar la instalación de producción!

##### **4.1.4.1 Ajuste básico de la abertura de molido**

- Realizado lo anterior
- Encender el molino
- Aflojar la manilla en cruz que está enfrente del volante de mano
- Girar el volante de mano hacia la derecha - la separación entre muelas se reduce
- Girar hasta que se toquen las muelas - perceptible por el ruido de contacto
- Girar el volante de mano una vuelta hacia la izquierda
- Apretar la manilla en cruz

##### **4.1.4.2 Encendido / apagado del molino**

- Encender el molino
  - Apretar la tecla "*Mühle ein*" (molino conectado)
- Apagar el molino
  - Apretar La tecla "*Mühle aus*" (molino desconectado)

#### 4.1.4.3 Ajuste de la abertura de molido

- Aflojar la manilla en cruz que está frente al volante de mano
- Girar el volante de mano hacia la derecha - la abertura de molido se reduce
- Girar el volante de mano hacia la izquierda - la abertura de molido se agranda
- Apretar otra vez la manilla en cruz después del ajuste

#### ¡Aviso!

Un giro del volante de mano produce un ajuste de 5/100 mm

#### 4.1.4.4 Resultado del molido

El resultado del molido depende de:

- La abertura de molido ajustada
- La granulación de las muelas instaladas

#### 4.1.4.5 Encendido / apagado de la bomba de alimentación

- Encender la bomba de alimentación
  - Poner en acción el interruptor "*Zuführungpumpe ein*" (bomba alimentadora conectada)
- Apagar la bomba de alimentación
  - Poner en acción el interruptor "*Zuführungpumpe aus*" (bomba alimentadora desconectada)

La bomba no puede:



¡Nunca funcionar seca! ¡Unas pocas vueltas funcionando seca son suficientes para destruir el estator!

¡Nunca chocar contra las correderas cerradas!

- Llenar la bomba antes del encendido con el bombeado

#### **4.1.4.6 Apagado en caso de emergencia**

- ¡Pulsar inmediatamente, en caso de urgencia, el interruptor *rojo "Not-Aus- ¡Schalter"* (interruptor de apagado de emergencia)!
- Sólo se puede empezar otra vez el funcionamiento después de eliminar la deficiencia

#### **4.1.5 Limpieza / mantenimiento**

¡Prestar atención a las instrucciones de seguridad!

##### **4.1.5.1 Plan de mantenimiento**

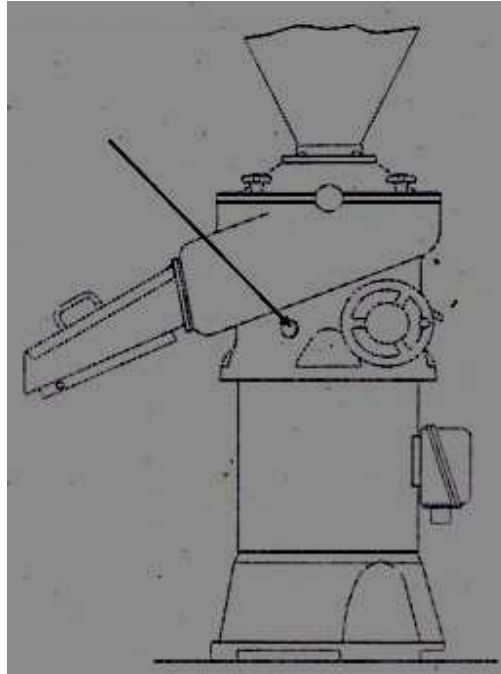
- Pulsar el interruptor de apagado de emergencia. Apagar el interruptor principal para la seguridad de la persona

##### **4.1.5.2 Molino**

Cuatro veces a la semana por el usuario

- Colocar grasa en la abertura de engrase, situada a un lado de la carcasa, apretando 5 ó 7 veces el engrasador

**Figura 22. Molino**



Fuente: Manual del fabricante

- Colocar grasa en el ajustador de la abertura de molido, apretando una vez el engrasador (debajo de la manilla en cruz se encuentra una grasera)

**¡Aviso!**

Usar grasa para rodamientos de bolas LGMT 3/15

**4.1.5.3 Mecanismo de regulación**

Cuatro veces a la semana por el empresario

- control del nivel de aceite

#### **4.1.5.4 Plan de inspección**

##### **4.1.5.4.1 Molino**

Cada seis meses por la empresa fabricante de maquinaria alimenticia (contrato de mantenimiento).

#### **¡Aviso!**

En los molinos no se tiene que realizar ninguna inspección si se han cuidado bien y usado de acuerdo a lo prescrito. La empresa ofrece un contrato de mantenimiento para garantizar que una parada larga del molino, por circunstancias imprevistas, sea lo más corta posible.

##### **4.1.5.4.2 Mecanismo de regulación**

- Cambio de aceite en el motor reductor (cada seis meses).

##### **4.1.5.4.3 Bomba helicoidal excéntrica**

- Retirar los residuos del interior de la bomba (cada seis meses).

#### **4.1.5.5 Limpieza**

##### **4.1.5.5.1 Limpieza previa**

Instalación de producción en estado de funcionamiento:

- Suministrar agua con el motor del molino en marcha a través de la bomba helicoidal excéntrica del molino

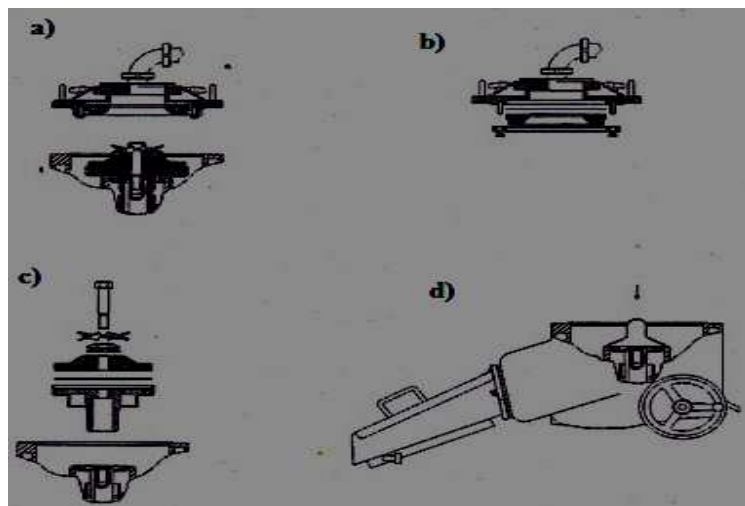
- Realizar este proceso de limpieza durante dos minutos

#### 4.1.5.5.2 Limpieza fina

¡Pulsar el interruptor de apagado de emergencia. Apagar el interruptor principal para la seguridad de la persona!

- Seguir el procedimiento desde a) hasta d)

**Figura 23. Piezas del molino de mostaza a)**



Fuente: Manual del fabricante

- Poner el capote de protección de aluminio sobre el eje del motor para que el agua de la limpieza no llegue a las piezas de éste
  - Limpieza de piezas

Antes del montaje:

engrasar las piezas visibles del eje del motor comprobar si las juntas tienen desperfectos y sustituir las dañadas

- El montaje se realiza en orden inverso

**¡Aviso!**

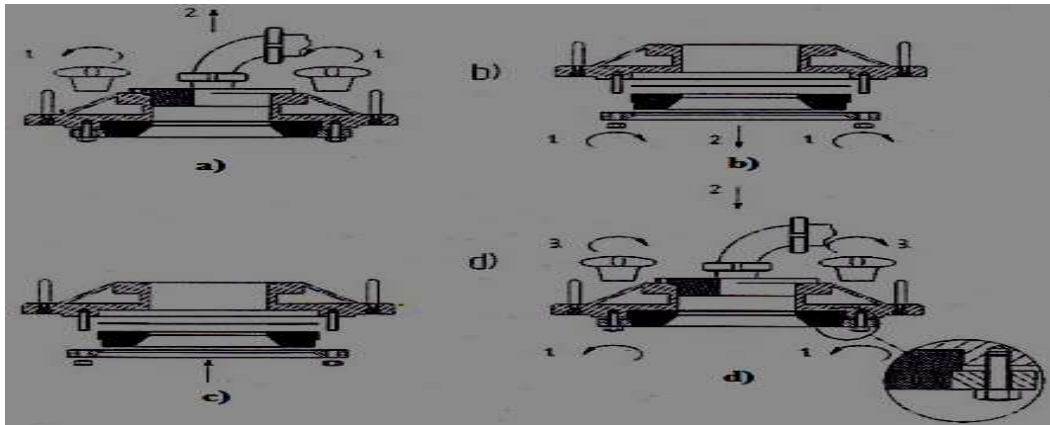
Apretar todos los tornillos en cruz

#### 4.1.5.6 Cambio de muelas

Pulsar el interruptor de apagado de emergencia. Apagar el interruptor principal para la seguridad de la persona.

- Cambio del estator: seguir el procedimiento desde a) hasta d)

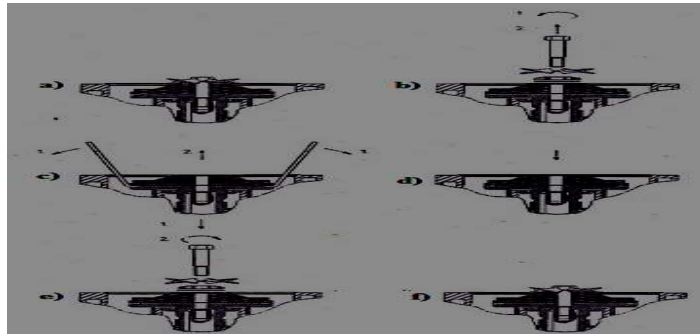
**Figura 24. Piezas del molino de mostaza b)**



Fuente: Manual del fabricante

- Cambio del rotor: seguir el procedimiento desde a) hasta f)

**Figura 25. Piezas del molino de mostaza c)**



Fuente: Manual del fabricante

- Cambiar las juntas dañadas

**¡Aviso!**

Las muelas tienen que tener contacto según el plano

#### **4.1.6 Fallos**

##### **4.1.6.1 Generales**

El molino está construido de tal forma que no aparezca ningún fallo en caso normal. Si se presenta un fallo, lo primero es determinar las causas antes de tomar cualquier medida.

**Tabla I. Eliminación de fallos**

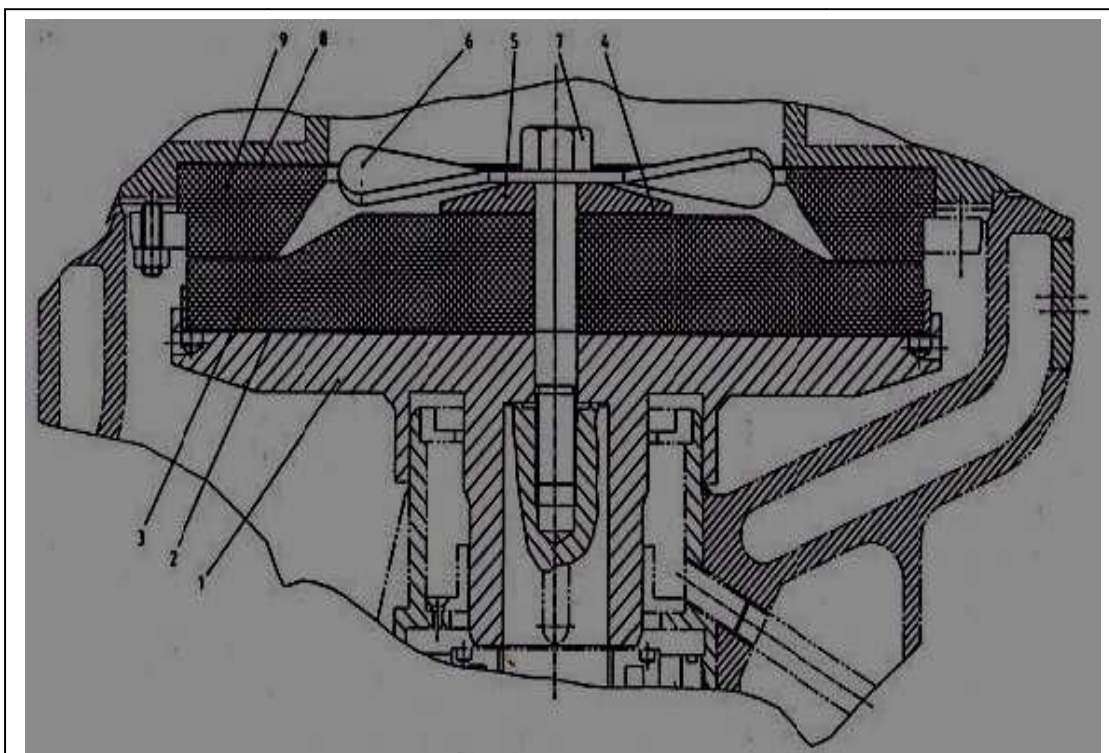
Fallo	Causa posible	Medida
El molino no funciona	El interruptor de apagado de emergencia está conectado.	Desactivar el interruptor de apagado de emergencia (preste atención al capítulo 5.6)
	La conexión eléctrica está interrumpida	Establecer la conexión eléctrica.
La bomba de alimentación del motor no funciona	El interruptor de apagado de emergencia está conectado.	Desactivar el interruptor de apagado de emergencia (preste atención al capítulo 5.6)
	La conexión eléctrica está interrumpida.	Establecer la conexión eléctrica.
El molino no se pone en marcha	La abertura de molido es demasiado estrecha.	Ensanchar la abertura de molido
	El buje de rodamiento está encima de la muela alisadora.	Reducir la abertura del molido

Fuente: Manual del fabricante

#### 4.1.6.2 Parte superior del molino de mostaza

Detalle de las partes que corresponden a la figura 26 que se muestra a continuación.

**Figura 26. Parte superior del molino de mostaza**



- |   |   |
|---|---|
| 1. Portador de piedra                   | 6. Aspa de alimentación                         |
| 2. Junta de piedra para molino de rotor | 7. Tornillo de posición                         |
| 3. Piedra de molino de rotor            | 8. Junta de piedra para molino de estator       |
| 4. Sello plato                          | 9. Piedra de molino de estator arena o grano 60 |
| 5. Disco de presión                     |   |

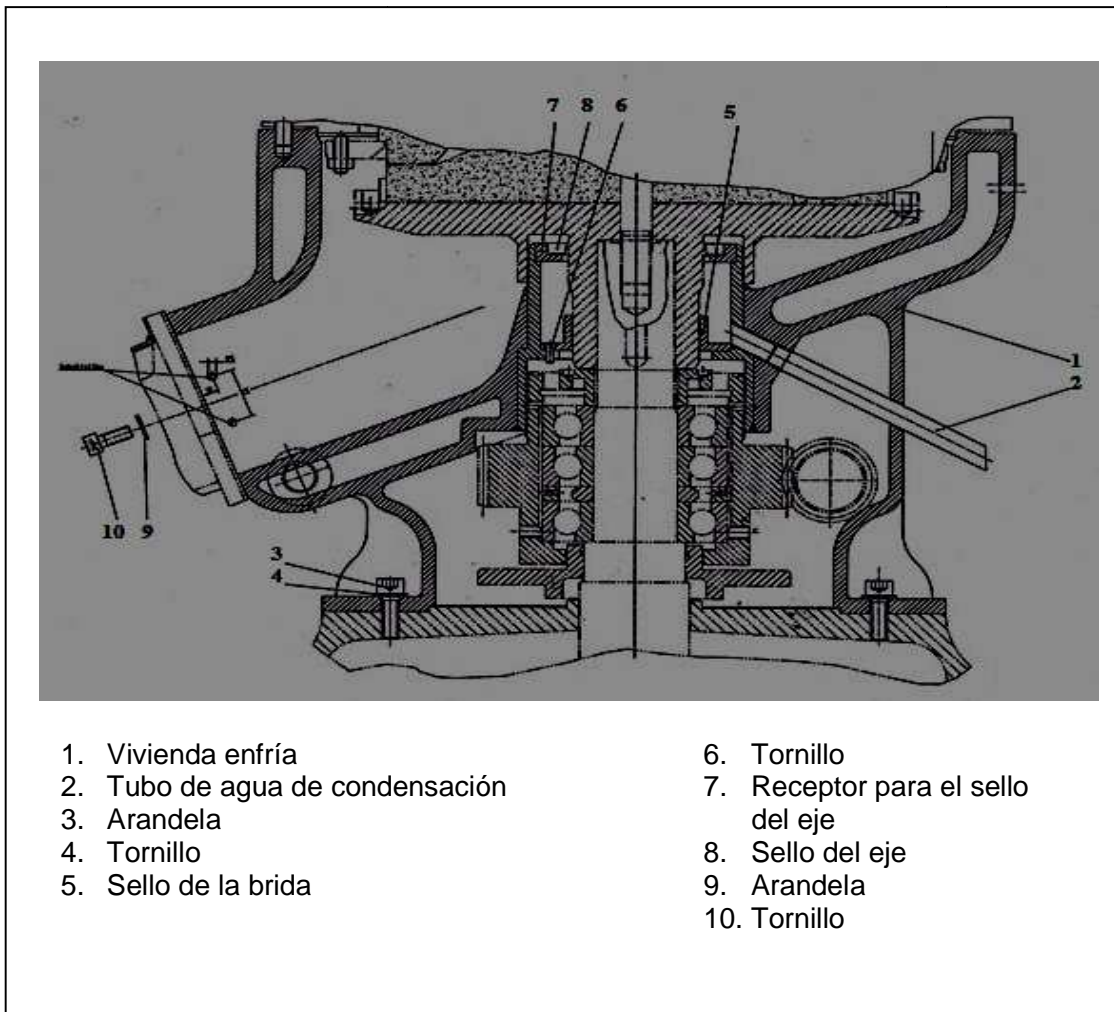
Fuente: Manual del fabricante



### 4.1.6.3 Parte inferior del molino de mostaza

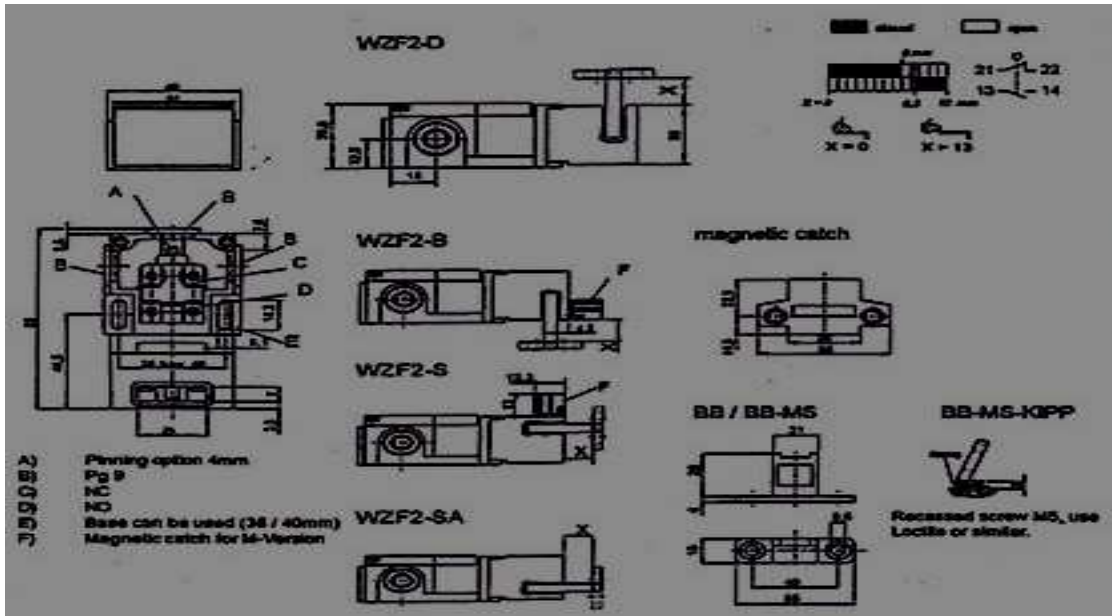
Detalle de las partes que corresponden a la figura 27 que se muestra adelante:

**Figura 27. Parte inferior del molino de mostaza**



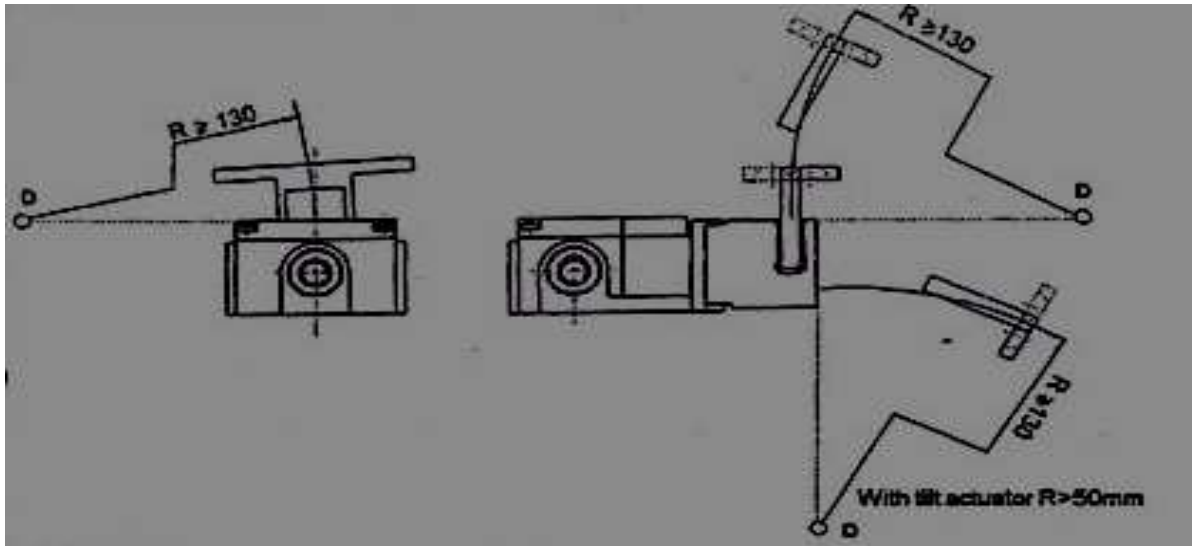
Fuente: Manual del fabricante

Figura 28. Partes de las chumaceras y cojinetes



Fuente: Manual del fabricante

Figura 29. Ángulos y radios de chumaceras



Fuente: Manual del fabricante

**Tabla II. Datos técnicos**

<b>Viviendas</b>	Fibra de vidrio reforzada, auto - extinción thermoplatic
<b>Actuador</b>	De plástico o latón
<b>Dispositivo de clase</b>	según IEC 947-5-1
<b>Clase de protección</b>	IP 66
<b>Conexión</b>	Tornillo-terminal, la auto-elevación
<b>Calibre</b>	max.2.5mm <sup>2</sup>
<b>Contactos</b>	Plata fina, interrumpiendo dual, 2x3mm apertura de los contactos
<b>Cambiar los miembros</b>	1 NC, positiva de apertura (apertura de los contactos = puerta)
<b>Aislamiento</b>	Grupo C según DIN VDE 0110, la "protección aislada"
<b>Prueba de tensión de aislamiento U1</b>	250VAC 300 VCC
<b>Corriente constante I<sub>th</sub></b>	10 <sup>a</sup>
<b>Cambio de la capacidad de AC-15</b>	L = 8 A U = 230V
<b>Cambio de la capacidad de DC-13</b>	I.=10A U.= 24V I.=8 A U.= 60V I.=4A U.= 110V I.=1A U.= 220V
<b>Protección del cortocircuito</b>	10A 16A lento golpe rápido
<b>Fuerza de accionamiento</b>	21N
<b>Temperatura de funcionamiento</b>	(-30 , +80°C)
<b>Vida mecánica</b>	>10 <sup>8</sup> ciclos de conmutación
<b>Instalación de orientación</b>	Cualquier

Fuente: Manual del fabricante

#### 4.1.6.4 Aplicación

Los interruptores de seguridad se utilizan para mantener la seguridad en la presencia de personas, máquinas y procesos.

Ellos se montan típicamente en las puertas de seguridad, puertas, cortinas, etc. La seguridad de la máquina sólo se garantiza cuando la puerta de protección está cerrada.

#### Notas

- El interruptor no puede ser utilizado como tope
- El actuador debe estar conectado de una manera eficaz usando *loctite* o similares
- El actuador funciona como una llave y no puede ser modificado
- La entrada del cable deben estar perfectamente sellados

#### Montaje

- Coloque sobre una superficie plana con dos tornillos M4. Use arandelas y las arandelas con los tornillos.
- Cualquier orientación que este permitido.
- El actuador está conectado por medio de dos tornillos de cabeza empotrada M5.
- Utilice arandelas dentadas (por ejemplo DIN 6797) o Loctite o similares.

**Tabla III. Accesorios**

<b>Calibre</b>	Solo conductor de 2 x 2.5 mm <sup>2</sup> Bellas línea 2 x 1,5 mm <sup>2</sup> con puntas de cable
<b>Par de apriete</b>	máx. 2.5 Nm
<b>Cable accesorio</b>	3 x Pg 9

Fuente: Manual del fabricante

## **Mantenimiento**

Si es cuidadosamente instalado, según las instrucciones anteriores, muy poco mantenimiento es requerido.

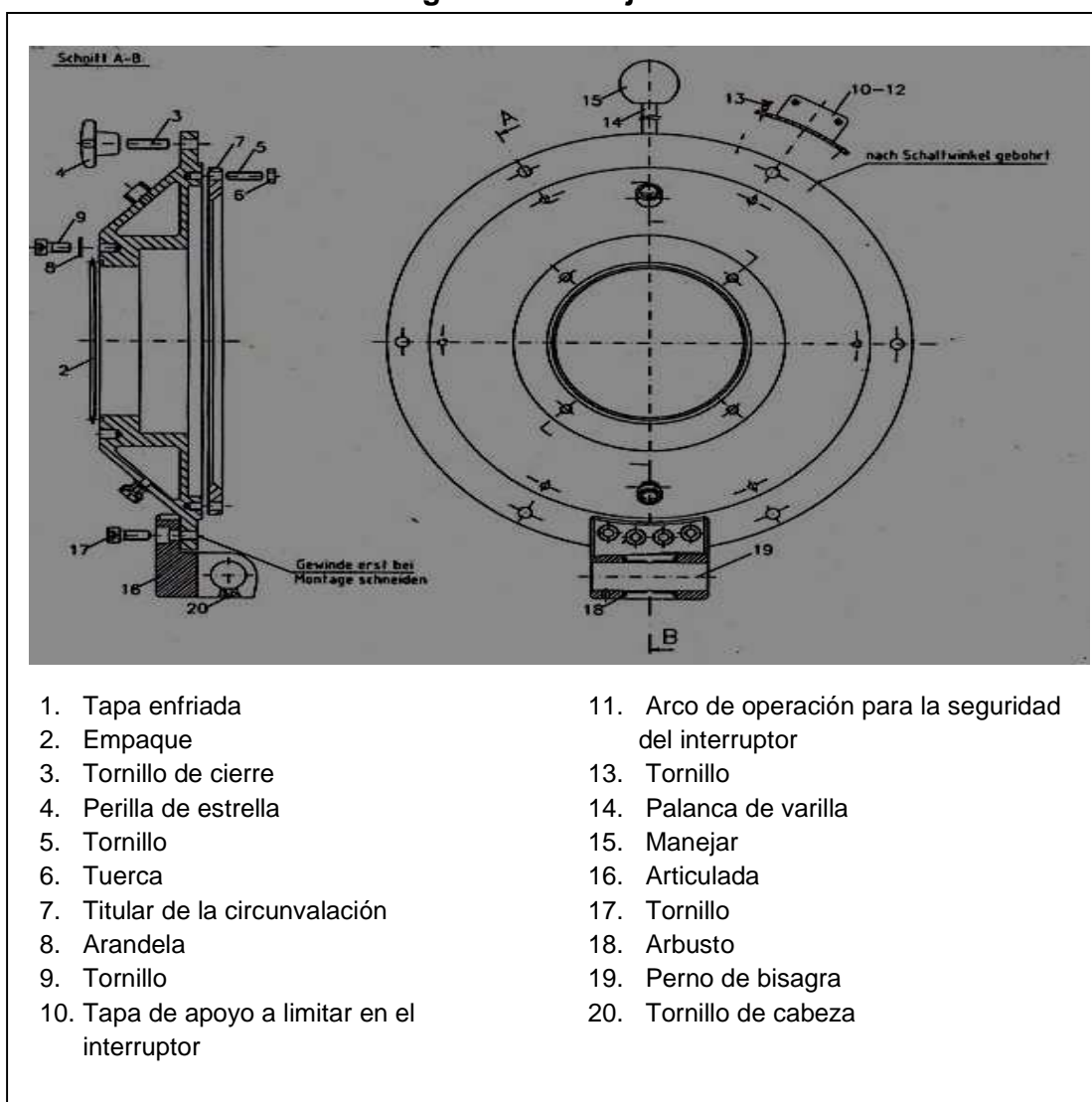
Bajo las duras condiciones ambientales, recomendamos:

- Revise el interruptor de montaje original
- Compruebe el cable y las conexiones
- Elimine la suciedad o la contaminación

#### 4.1.6.5 Composición de la tapa de enfriado

Detalle de las partes que corresponden a la figura 30 que se muestra a continuación.

**Figura 30. Cojinete**

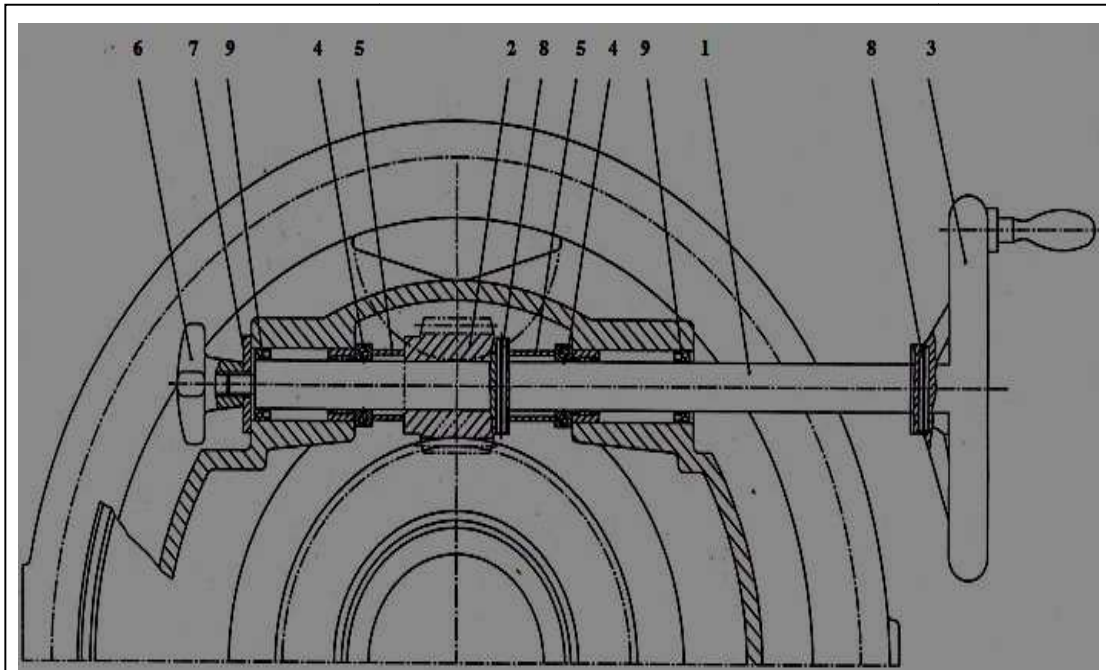


Fuente: Manual del fabricante

#### 4.1.6.6 Partes del timón

Detalle de las partes que corresponden a la figura 31 que se muestra a continuación.

**Figura 31. Partes detalladas del timón**



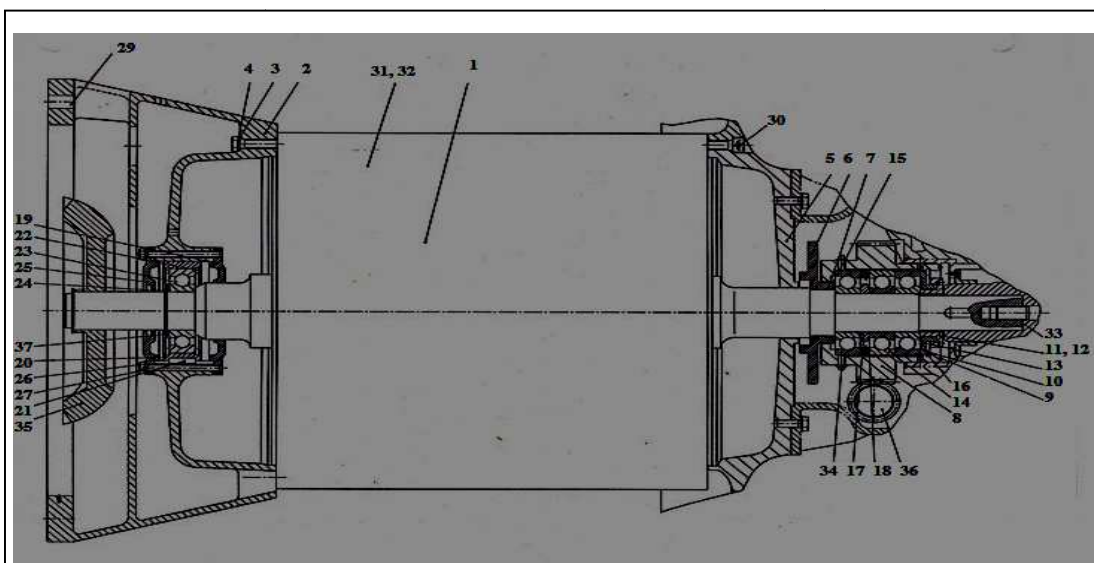
1. Tornillo sin fin para el ajuste
2. Volante DIN950-B
3. Rodamiento axial de agujas
4. Tubo de Acero Especial
5. Estrella de mando
6. Placa de retención
7. Heavy pasador, 5 x 45
8. Aro abierto
9. Anillo de apoyo

Fuente: Manual del fabricante

#### 4.1.6.7 Molino de mostaza

Detalle de las partes que corresponden a la figura 32 que se muestra adelante:

**Figura 32. Molino de mostaza**



- |   |  |  |
|---|--|--|
| 1. Motor AC                             | 18. Anillo intermedio de tierra          | 33. Sello de goma                                      |
| 2. Dispositivo de montaje para motor AC | 19. Protector extremo (lado superior)    | 34. Tubo de grasa con entrerroscas para A              |
| 3. Arandela                             | 20. Casquillo de cojinete                | 35. IEC de alimentación con la tuerca del impulsor PPN |
| 5. Brida de motor                       | 21. Llave apropiada                      | 36. Ajuste del boquete que muele con la pernila        |
| 6. Placa de alisado                     | 22. Anillo de seguridad                  |  |
| 7. Anillo O                             | 23. Rodamiento rígido de bolas           |  |
| 8. Casquillo de cojinete                | 24. Anillo de seguridad Seeger           |  |
| 9. Anillo O                             | 25. Protector de extremo (lado inferior) |  |
| 10. Anillo de seguridad                 | 26. Arandela                             |  |
| 11. Tuerca de presión                   | 27. Tornillo                             |  |
| 12. Tornillo sin cabeza                 | 28. Arandela                             |  |
| 13. Presión de la brida                 | 29. Perno de cabeza hexagonal            |  |
| 14. Cojinete de bolas angulares         | 30. Tornillo                             |  |
| 15. Anillo nilos                        | 31. Cubierta de motor                    |  |
| 16. Anillo nilos                        | 32. Tornillo                             |  |
| 17. Anillo intermedio de tierra         |  |  |

Fuente: Manual del fabricante





## 5. MARCO V

### 5.1 Resumen de resultados

#### 5.1.1. Sistema manual de lubricación (situación actual)

##### 5.1.1.1. Equipo utilizado en la lubricación

El equipo utilizado actualmente para el engrase de las chumaceras es una engrasadora manual. Con las siguientes características:

**Figura 33. Engrasadora manual**



Fuente: [www.rodaccesa.com/Lubricadores/Lubric10.jpg&imgrefurl](http://www.rodaccesa.com/Lubricadores/Lubric10.jpg&imgrefurl), 22/11/2010

- Es adecuada para llenado de grasa mediante bombas de llenado/bombas engrasadoras y también adecuada para cartuchos de grasa. Diseño ergonómico, tubo flexible y posibilidad de montar el tubo

flexible tanto en posición vertical como horizontal para asegurar que sea fácil de usar.

- Rellenable: la boquilla de llenado de grasa y la válvula de extracción de aire permiten el llenado mediante el rellenador o bomba engrasadora.
- Tubo tipo hidráulico flexible: puede doblarse y montarse tanto horizontal como verticalmente en la pistola.

**Tabla IV. Características técnicas**

<b>Designación</b>	<b>LAGH 400</b>		
<b>Máxima presión</b>	30 MPa	<b>Longitud</b>	370 mm
<b>Volumen/recorrido</b>	Aprox. 0.8 cm <sup>3</sup>	<b>Peso</b>	1.5 Kg

Fuente: [http://www.mapro.skf.com/pub/pds/1077600\\_datasheet\\_sp.pdf](http://www.mapro.skf.com/pub/pds/1077600_datasheet_sp.pdf)

#### **5.1.1.2. Tipo y consumo de lubricante utilizado**

El lubricante utilizado para el engrase general de los molinos de mostaza es la grasa *Verkol*, la cual es de tipo multipropósito de grado *N.L.G.I #2* y 0.

El consumo de lubricante para un molino de mostaza es aproximadamente como sigue:

- Se le debe aplicar la grasa lubricante cuatro veces por semana
- Cada 6 meses la empresa proveedora de la maquinaria da un servicio de mantenimiento

**Figura 34. Grasa lubricante**



Fuente: <http://export.navarra.net/paghtml/verko.htm>

### **5.1.2. Ciclos de lubricación**

Actualmente el mantenimiento de los molinos de mostaza, en cuanto a la lubricación, la realizan dos personas, un mecánico y un lubricador, los cuales tienen horarios de trabajo de 7:00 AM a 5:00 PM (9 horas al día), cuatro días a la semana. El programa de mantenimiento del taller exige un ciclo de lubricación de por lo menos una vez por semana, siempre y cuando el molino de mostaza no presente algún inconveniente en operación.

### **5.1.3. Evaluación del método de lubricación**

Previo a ingresar al taller mecánico, el supervisor de mecánicos debe pasar por el área de ubicación del molino de mostaza. Esta etapa constituye el

primer período improductivo del supervisor cuando se le provee de cualquier tipo de mantenimiento.

La lubricación la realizan de forma manual, punto por punto, mediante pistolas de lubricación, y para lubricar las piezas se adoptan dos criterios:

- Se aplican tantos bombazos de lubricante, según las dimensiones de la pieza.
- Se aplica grasa hasta que exista derrame de lubricante en los extremos de los puntos.

Otros aspectos importantes a considerar son los siguientes:

- En la lubricación de un molino de mostaza se involucran dos personas, un lubricador y un mecánico.
- Tanto los lubricadores como los mecánicos son personas que no poseen estudios. Los conocimientos los han adquirido con base en la experiencia y enseñanzas de terceras personas.
- Debido a las condiciones de estas personas, el trabajo que realizan es ineficiente. Muestra de ello es que en algunas ocasiones se han encontrado piezas no lubricadas, o bien sobre-lubricadas.
- La lubricación de las piezas se realiza a través de graseras, las cuales son accesorios que evitan la entrada de agentes contaminantes al punto. Sin embargo, en la parte superior, debido a su forma característica, se acumulan contaminantes, los cuales llegan al interior de la pieza si no se limpian previo al engrase. Debido a la falta de capacitación de las personas encargadas de la lubricación del molino de mostaza, actualmente se prescinde de dicha limpieza.

- Debido al derrame de lubricante, el sistema de lubricación es la principal fuente de condiciones inseguras, contaminación ambiental y consumo excesivo de grasa.

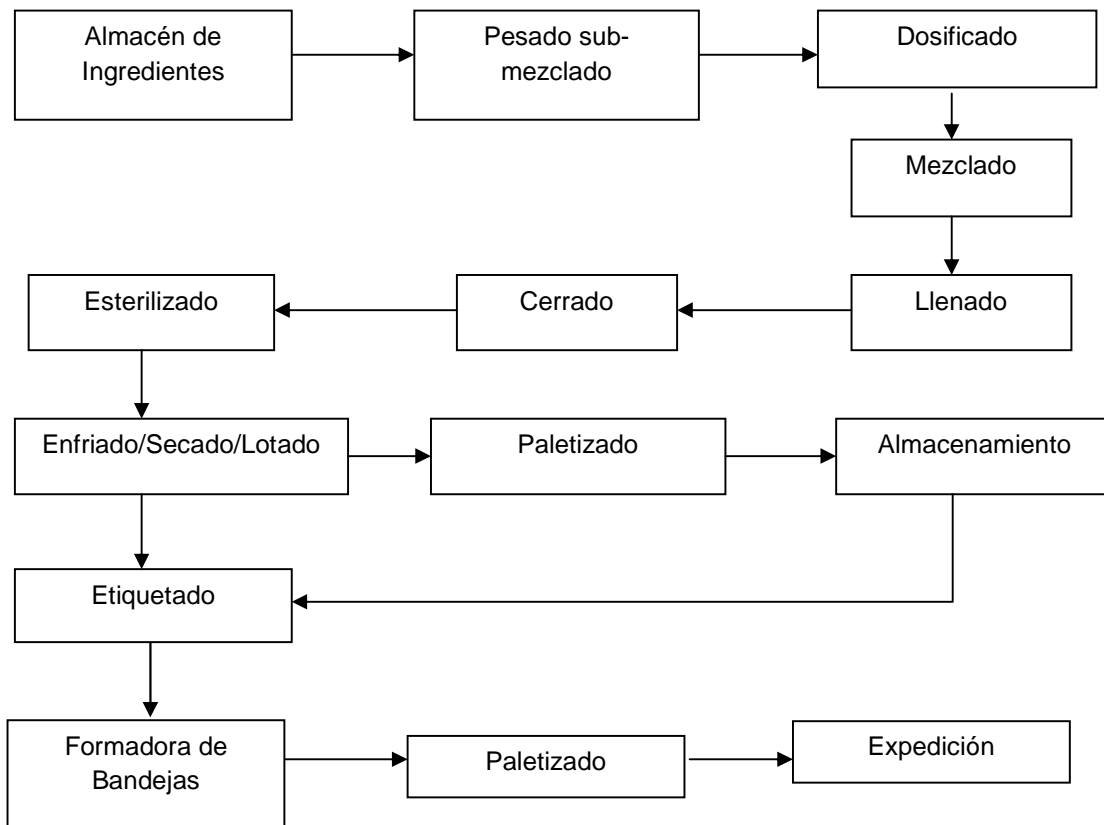
#### **5.1.4. Problemas causados por el sistema de lubricación actual**

Con base en los registros de la producción, se ha determinado que los elementos con mayor incidencia de fallo son rodamientos, retenedores y tornillos sin fin de la manivela de cierre y apertura de muelas, como resultado de una inadecuada lubricación de los mismos, en un molino de mostaza.

El molino de mostaza está construido de tal forma que no aparezca ningún fallo en caso normal.

## 5.2. Notas técnicas

### 5.2.1. Proceso productivo de la mostaza



#### Descripción

Producto formulado a partir de los granos de mostaza, agua y vinagres.

## **Ingredientes**

Aceite vegetal, agua, yema de huevo, vinagre, azúcar, sal, estabilizantes E-412 y E-415, conservador E-202, acidulante E-330.

## **Especificaciones de las variables físico-químicas**

- A) Ph: < 4,2
- B) Acidez: 0,2% mínimo en ácido acético
- C) Extracto etéreo (con éter etílico): Mínimo 65%
- D) Contenido en huevo: 5% mínimo expresado en yema de huevo técnica (contenido mínimo en materia seca referido a yema no preservada de 42%)

## **Microbiológicas**

- A) Aerobias mesófilas (31°C +/-1°C): máximo 10<sup>4</sup> colonias/g
- B) Enterobacterias totales: máximo 10 colonias/g
- C) Salmonella-Shigella: ausencia en 25g

## **Otras especificaciones**

- A) Aspecto y color: emulsión homogénea, de consistencia variable y de Color uniforme, generalmente amarillo más o menos intenso
- B) Sabor: característico



## Almacenamiento y vida útil

Vida útil: 18 meses

El envase sin abrir no requiere condiciones especiales de almacenamiento, se recomienda lugar fresco y seco.

Una vez abierto conservar a una temperatura de 1-5°C durante un tiempo no superior a 30 días.

## Formatos y presentación

FORMATO	EAN
MOSTAZA 300 GRAMOS	84119 16202

### DIMENSIONES

Capacidad (ml)	Peso Bruto (kg)	Peso Neto (Kg)	Peso Escurrido (Kg)	L	A	H
300	0.35	0.3	---	193	62	---

### CAJA

Unidades	Peso (kg)				L	A	H
24	9				203	375	259

### PALET

Unidades	Peso (Kg)	Cajas Alto	Manto		L	A	H
54	513	6	9		137	120	80

## Valores nutricionales

Proteínas (g) 3,3

Carbohidratos (g) 7,8

Lípidos (g) 3,3

Valor energético (kcal / kJ) 80 / 337

### 5.2.2. Monitoreo de condición

El monitoreo de condición (en inglés *Monitoring*) es una técnica que contribuye con la optimización de las tareas de mantenimiento al medir y combinar el estudio de las variables que se consideren representativas de las condiciones de los equipos y de la maquinaria utilizada en la industria. El objetivo del mantenimiento basado en el monitoreo de condición es el de detectar las fallas en los equipos, analizar la gravedad e indicar el tiempo máximo que puede operar el equipo bajo las condiciones de operación a las cuales está sometido. Esta técnica es una poderosa herramienta que nos permite diagnosticar fallos con problemas específicos, pronosticar la vida útil y cuanto tiempo más podrá funcionar el equipo sin riesgo de fallo antes de que genere consecuencias más graves.

El monitoreo de condición se enfoca en estudiar la evolución de las variables seleccionadas en función del tiempo y establecer una tendencia que indique la existencia de fallos y el tiempo en que el equipo puede fallar. La toma de decisiones a tiempo permite evitar que el fallo se presente o eliminar la posibilidad de un fallo catastrófico. La ventaja de esta estrategia, es que puede ser efectuado mientras el equipo está funcionando.

Los objetivos principales del monitoreo de condición son los siguientes:

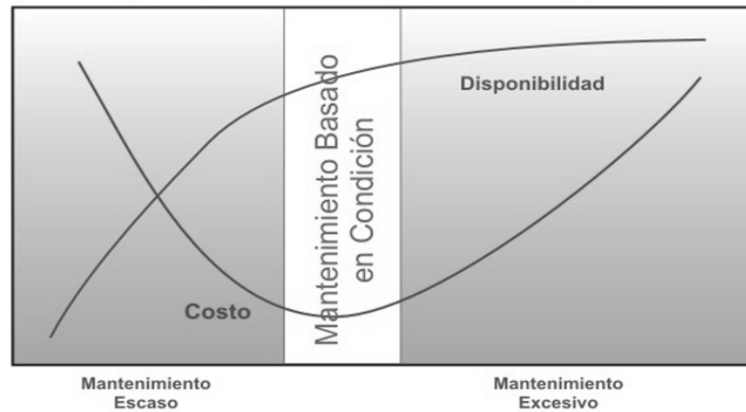
- Vigilancia de las máquinas: indicar cuando existe un problema. Debe de distinguir entre condición buena y mala, y si es mala indicar cuan mala es
- Protección de máquinas: evitar fallos catastróficos. Una máquina está protegida, si cuando los valores que indican su condición llegan a valores considerados peligrosos

- Diagnóstico de fallos: su objetivo es definir cuál es el problema específico
- Pronóstico de la esperanza de vida: estimar cuánto tiempo más podría funcionar la máquina sin riesgo de un fallo catastrófico

Como toda técnica del mantenimiento, lo que se busca al utilizar el monitoreo de condición, es optimizar los recursos, otorgando la mejor protección para los equipos, alargando su vida útil y protegiéndolos del deterioro, al menor costo posible. Es por ello que es sumamente importante determinar las variables a medir para cada equipo en particular.

La selección de las tecnologías adecuadas para cada equipo depende de diversos factores, como lo son: El tipo de maquinaria, los tipos y modos de fallo a diagnosticar y la capacidad de inversión y la capacidad de relacionar los resultados de las diferentes tecnologías. Entre más tipos diferentes de variables se intenten medir mayor cantidad de tecnologías y herramientas se deberán de usar, lo que nos generará un aumento en los costos, para evitar esto se deben de medir y controlar las variables más representativas que nos indiquen el estado de los equipos, de esta manera se evita que el costo sobrepase los costos que estas tratan de evitar. Véase la figura 34.

**Figura 35. Monitoreo de condición**



Fuente:<http://www.mantenimientomundial.com>, 22/11/2010

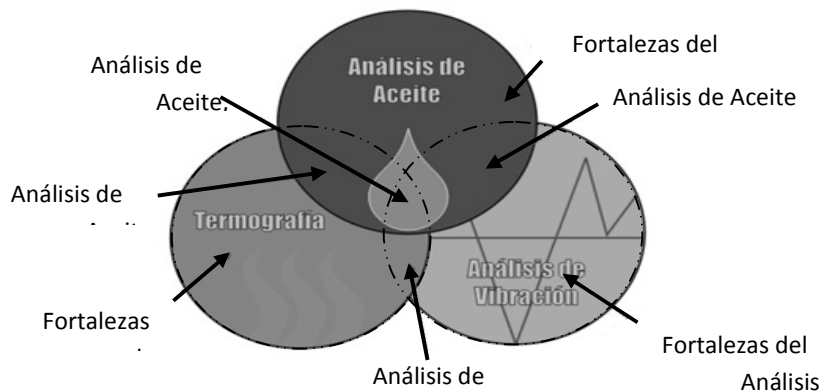
Una vez que se han determinado las variables críticas a medir en los equipos, se deben de determinar las herramientas ó tecnologías a utilizar para realizar las mediciones de dichas variables, entre las más conocidas y utilizadas se tienen las siguientes:

- Termografía
- Inspecciones visuales
- Monitoreo de vibraciones
- Análisis de aceite
- Mediciones en línea
- Ultrasonido
- Boroscopía

El objeto del monitoreo de condición es el de evaluar y llevar un registro de las diferentes variables críticas por medio de diversas tecnologías para saber exactamente el estado del equipo durante su operación y poder detectar las fallas en diversas etapas de su formación, utilizando las fortalezas de cada

herramienta o tecnología y de cómo estas se interrelacionan entre si, como lo muestra un ejemplo en la figura 35.

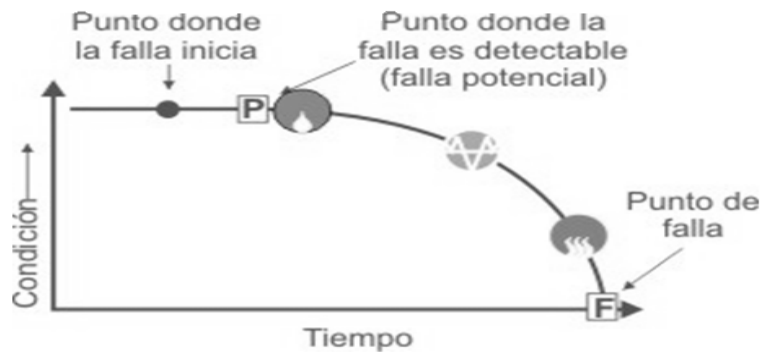
**Figura 36. Interrelación de tecnologías**



Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com>, 22/11/2010

Una vez que hemos seleccionado las técnicas y tecnologías para monitorear la causa de falla y sus efectos, es necesario determinar la frecuencia con la que aplicaremos este monitoreo, además se debe de conocer el efecto y el momento que cada herramienta o tecnología nos presenta el estado de deterioro o probabilidad de falla para cada equipo. Siguiendo con el ejemplo anterior, podemos obtener lo siguiente para un equipo en particular:

**Figura 37. Grafica condición vrs tiempo**



Fuente: <http://www.mantenimientomundial.com>, 22/11/2010

Quizás la técnica más utilizada en el monitoreo de condición es la del análisis de aceite, puesto que esta generalmente es la que determina de primero las fallas que se pueden presentar en los equipos, siempre, claro, combinada con otras herramientas, es por esto que a continuación se presenta un análisis detallado de esta herramienta.

### **5.2.3. Análisis de aceite**

El análisis de aceite es una herramienta utilizada para mejorar las prácticas de mantenimiento, que nos proporciona información respecto a las condiciones de operación de los equipos, niveles de contaminación, degradación, su desgaste y una proyección de la vida útil de los equipos y maquinaria utilizados en la industria. Un solo análisis de aceite realizado a cualquier equipo no es una herramienta suficiente, sino que la secuencia de análisis son los que generan la tendencia y el estado de la maquinaria.

Al conocer las características originales del aceite y compararlas con los valores del reporte del análisis de aceite utilizado, relacionando los resultados

con el programa de mantenimiento, nos llevará al camino de la reducción de costos de mantenimiento, lo cual ayudará al aumento de productividad.

El propósito principal de los análisis de aceite es el de planificar el mantenimiento de los equipos, basado en las condiciones en las que estos se encuentren. Algunas de las muestras de aceite analizadas solamente confirmarán que el plan de mantenimiento implementado es el adecuado, mientras que otras muestras podrían indicar que podemos aumentar el intervalo para cada cambio de aceite, que existen problemas en el sistema de mantenimiento o que ocurren condiciones específicas que requieren atención (alto nivel de silicio = cambio del filtro de aire o arreglo del sistema de entrada de aire; alto nivel de agua, sodio, potasio = arreglo del sistema de enfriamiento, etc.).

Para que el análisis de aceite sea válido, se debe de contar con una muestra representativa del aceite, tomada en caliente y bajo condiciones limpias, al igual que contar con las muestras históricas. Dichas muestras deberían ser enviadas a un laboratorio de manera inmediata, el cual realizará el análisis y presentará los resultados.

Es muy importante recalcar que si los métodos o procesos de tomar las muestras varían, los resultados de análisis también variarán, por ello la localización del punto adecuado para tomar una muestra es crítico en el análisis de aceite. Tradicionalmente, las muestras de aceite son tomadas de tanques o en puertos de drenado, haciendo que la información resultante no sea representativa de las condiciones de operación del equipo.

Con el fin de tomar una muestra representativa, es necesario que se cumplan las siguientes condiciones y que la muestra se realice:

- Mediante un dispositivo fijo
- Lubricante en movimiento
- A temperatura y condiciones normales de operación
- En zonas de flujo turbulento (no lineal)
- Antes de los filtros
- Después de los componentes de la maquinaria
- Con dispositivos e implementos de muestreo limpios
- En un envase o recipiente limpio
- Con la misma frecuencia
- Registrando las horas de operación de la maquinaria y las horas del aceite

El análisis de aceite utilizado en un sistema de mantenimiento requiere que el proceso de muestreo sea “Consistente”, para que la información que resulte de estos pueda ser convertida en datos de tendencia, para ser graficados y así poder reconocer y analizar su comportamiento en el tiempo. Los parámetros a medir en un análisis de aceite son principalmente la viscosidad medida en *cSt*, el análisis del contenido de metales u otros contaminantes (ppm), el contenido de agua (H<sub>2</sub>O), desgaste por partículas (%) y degradación del aceite.

Las viscosidades de los aceites normalmente son medidas y especificadas en *centistoke (cSt)* a 40°C ó 100°C (ver tabla comparativa de viscosidades al final). En la práctica es determinada midiendo el tiempo necesario para que pase una cantidad específica de aceite por un tubo capilar por gravedad a 40°C y/o 100°C. Normalmente se habla de viscosidad ISO para



aceites industriales y viscosidad *SAE* para aceites automotriz. Los términos de viscosidad *ISO* y *SAE* no implican ninguna combinación de aditivos ni propósito específico. Solamente refieren a la viscosidad. Cuando se usa el término “Viscosidad *ISO*”, se refiere a la viscosidad del aceite en *cSt* a 40°C.

Hay varios contaminantes que pueden aparecer en los resultados del análisis de aceite enviados por el laboratorio, cualquier contaminante es dañino y causará desgaste en las piezas del equipo analizado. El análisis de aceite evidencia esta contaminación en partes por millón (ppm). Es importante tomar en cuenta que el análisis de aceite indica los contaminantes más pequeños a 5 micrones (actualmente varía entre 3 y 8 micrones, dependiendo del equipo utilizado), mientras en un alto porcentaje los filtros de aceite que se utilizan en muchos equipos solamente retienen las partículas mayores de 10 micrones. Las partículas grandes causan el daño al entrar, rayando o lijando las piezas en contacto y movimiento relativo. Después quedan atrapadas en el filtro de aceite.

Para interpretar un análisis de aceite y tomar las medidas correctivas respectivas, con el fin de utilizar esta valiosa herramienta, es necesario conocer los diferentes elementos que son analizados y saber de donde provienen.

Generalmente, la mayor cantidad de contaminantes que se presentan en el análisis de aceite son debido al desgaste de las mismas piezas que componen el equipo analizado, muchas veces estos materiales desgastados son comunes para ciertos equipos, mientras que para otros equipos se evidenciará en el análisis otros elementos, es por esto, que es sumamente importante conocer los elementos que componen al equipo analizado, es decir, los materiales de los cuales están hechos cada pieza en particular que se encuentre en contacto o en rozamiento y que puedan ingresar al sistema de lubricación y depositarse

en el lubricante (La mayor cantidad de veces se desconocen los elementos que componen las piezas de los equipos y éstos se adquieren únicamente con base a la experiencia de mecánicos o ingenieros expertos), algunos elementos que se presentan tras el análisis, pueden ser debido al lubricante en sí y no son elementos que deben de considerarse como de desgaste (también es muy importante conocer el tipo de aceite utilizado y los aditivos que contiene). Por último existen también los elementos que no son parte del equipo y que no ingresaron por medio del lubricante, estos son elementos que de alguna forma ingresaron al sistema de lubricación por medio del entorno ambiental.

### **5.3. Análisis técnico**

#### **5.3.1. Análisis financiero**

El desarrollo del análisis financiero evaluará la opción de continuar trabajando bajo las condiciones actuales de lubricación del molino de mostaza de la empresa Industria de Alimentos S.A., respecto a implementar un sistema automatizado de lubricación, asegurándose una lubricación adecuada y consistente.

Para este análisis se utilizaran los métodos o modelos de valoración de inversiones siendo estos:

- Valor actual neto (VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)

### 5.3.1.1. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión. La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto.

- La fórmula que permite calcular el valor actual neto es:

$$\text{VAN} = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0$$

- $V_t$  representa los flujos de caja en cada período  $t$
- $I_0$  es el valor del desembolso inicial de la inversión
- $n$  es el número de períodos considerado
- El tipo de interés es  $k$ . Si el proyecto no tiene riesgo, se tomará como referencia el tipo de la renta fija, de tal manera que con el VAN se estimará si la inversión es mejor que invertir en algo seguro, sin riesgo específico. En otros casos, se utilizará el costo de oportunidad

**Tabla V. Interpretación del VAN**

<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Decisión a tomar</b>
VAN	La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto puede aceptarse
VAN	La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida ( $r$ )	El proyecto debería rechazarse
VAN	La inversión no produciría ni ganancias ni pérdidas	Dado que el proyecto no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida ( $r$ ), la decisión debería basarse en otros criterios, como la obtención de un mejor posicionamiento en el mercado u otros factores.

Fuente: Brealey, Myers y Allen, Principios de Finanzas Corporativas.

El valor actual neto es muy importante para la valoración de inversiones en activos fijos, a pesar de sus limitaciones en considerar circunstancias imprevistas o excepcionales de mercado. Puede considerarse también la interpretación del VAN, en función de la creación de valor para la empresa:

- Si el VAN de un proyecto es positivo, el proyecto crea valor.
- Si el VAN de un proyecto es negativo, el proyecto destruye valor.
- Si el VAN de un proyecto es cero, el proyecto no crea ni destruye valor.

### 5.3.1.2 Tasa interna de retorno (TIR)

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad TIR de una inversión, está definida como la tasa de interés con la cual el valor actual neto o valor presente neto VAN es igual a cero. El VAN es calculado a partir del flujo de caja anual, trasladando todas las cantidades futuras al presente. Es un indicador de la rentabilidad de un proyecto, a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Se utiliza para decidir sobre la aceptación o rechazo de un proyecto de inversión. Para ello, la TIR se compara con una tasa mínima o tasa de corte ( $r$ ), el coste de oportunidad de la inversión (si la inversión no tiene riesgo, el coste de oportunidad utilizado para comparar la TIR será la tasa de rentabilidad libre de riesgo). Si la tasa de rendimiento del proyecto - expresada por la TIR- supera la tasa de corte, se acepta la inversión; en caso contrario, se rechaza.

La tasa Interna de retorno es el tipo de descuento que hace igual a cero el VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_{Ft}}{(1 + TIR)^t} - I_0 = 0$$

La TIR o tasa interna de rentabilidad, es una herramienta de toma de decisiones de inversión utilizada para conocer la factibilidad de diferentes opciones de inversión.

El criterio general para saber si es conveniente realizar un proyecto es el siguiente:

**Tabla VI. Interpretación de la TIR**

Si $TIR \geq r$	Se aceptará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad mayor que la rentabilidad mínima requerida (el coste de oportunidad).
Si $TIR < r$	Se rechazará el proyecto. La razón es que el proyecto da una rentabilidad menor que la rentabilidad mínima requerida.

Fuente: Brealey, Myers y Allen, Principios de Finanzas Corporativas.

A continuación se presentan una serie de datos fundamentales para realizar nuestro análisis de rentabilidad del proyecto.

Información general:

Nombre de la empresa:	Industria de Alimentos S.A.
Equipo:	Molino de Mostaza
Vida del proyecto:	5 Años
Tasa mínima de retorno anual:	20% ( r )
Tasa de interés anual:	12%

Datos de producción:

Capacidad de producción:	1,150 libras/hora
Tiempo de usos por día:	8 horas
Producción total diaria:	9,200 libras/día
Horas de trabajo semanal:	48 horas
Horas de trabajo anual:	2,496 horas

Datos de mantenimiento:

Tiempo de mantenimiento correctivo por falla de rodamiento:	48 horas
Período anual de paros por mantenimiento correctivo por falla de rodamiento:	96 horas (2 veces al año)

Datos de lubricación:

Período de lubricación promedio para los dos puntos:	59 horas promedio
Cantidad de grasa para los cuatro rodamientos:	2.12 Onzas
Cantidad de períodos de lubricación por año:	43 Veces
Cantidad de onzas al año de grasa:	90 Onzas

Costos financieros:

Costo por libra de mostaza en el mercado:	Q. 2.50
Costo de producción diaria:	Q. 23,000.00
Costo de mantenimiento correctivo por falla de rodamiento:	Q. 46,000.00
Costo anual de mantenimiento correctivo por falla de rodamiento:	Q. 104,710.00
Costo de cubeta de grasa de 35 libras:	Q. 1,679.55
Costo de equipo y accesorios de central De lubricación:	Q. 20,450.00
Costo de rodamientos	Rodamiento SKF 6310 ZZ

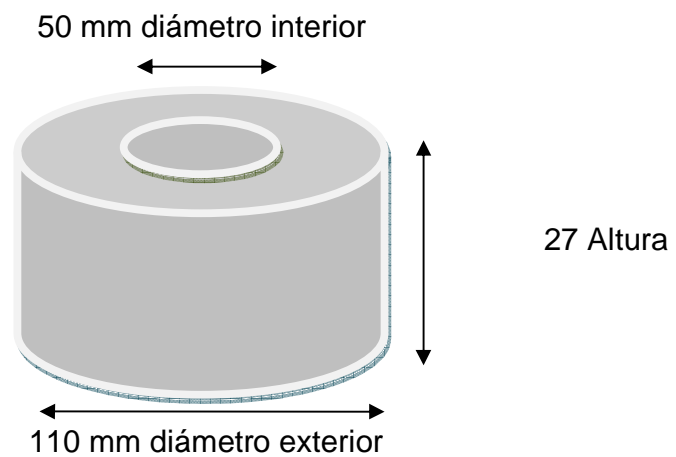
Unidad Q. 290.00  
Rodamiento SKF 7310 ZZ  
Unidad Q. 555.00

### 5.3.2 Análisis del lubricante

#### 5.3.2.1 Cálculo teórico de lubricación

##### 5.3.2.1.1 Rodamiento 6310 inferior

Figura 38. Rodamiento rígido de una hilera de bolas



Fuente: elaboración personal, 22/11/2010

Velocidad: 13,000 RPM

Cantidad de rodamiento en el molino: 1 rodamiento



## Cálculo de lubricación

Cantidad de grasa en onzas para cada elemento

G= Peso de grasa en onzas

D= Diámetro exterior mm

B= Ancho de rodamiento

$$G = 0.00018 \times D \times B$$

$$G = 0.00018 \times 110 \times 27$$

$$\mathbf{G = 0.53 \text{ Onzas}}$$

Período de tiempo en horas para lubricar para cada elemento:

N= a velocidad RPM

D= Diámetro exterior mm

K= Factor (1)

T= Período de lubricación en horas

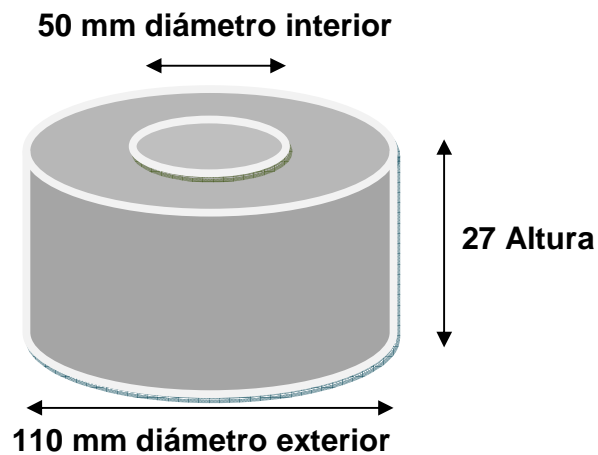
$$T = K \frac{(14 \times 106)}{ND \times \frac{1}{2} - 4D}$$

$$T = (1) \frac{(14 \times 106)}{(13000)(50) \times \frac{1}{2} - 4(50)}$$

$$\mathbf{T= 43.10 \text{ horas}}$$

### 5.3.2.1.2 Rodamiento 7310 superior

Figura 39. Rodamiento de una hilera de bolas con contacto angular



Fuente: elaboración personal, 22/11/2010

Velocidad: 7,500 RPM

Cantidad de rodamiento en el molino: 3 rodamientos

#### Cálculo de lubricación

Cantidad de grasa en onzas para cada elemento

G= Peso de grasa en onzas

D= Diámetro exterior mm

B= Ancho de rodamiento

$$G = 0.00018 \times D \times B$$

$$G = 0.00018 \times 110 \times 27$$

$$\mathbf{G = 0.53 \text{ onzas}}$$

Período de tiempo en horas para lubricar para cada elemento:

N= a velocidad RPM

D= Diámetro exterior mm

K= Factor (1)

T= Período de lubricación en horas

$$T = K \frac{(14 \times 106)}{ND \times \frac{1}{2} - 4D}$$

$$T = (1) \frac{(14 \times 106)}{(7500)(50) \times \frac{1}{2} - 4(50)}$$

$$\mathbf{T= 74.75 \text{ horas}}$$

## 6. MARCO VI

### 6.1. Discusión

#### 6.1.1. Costo del proyecto

Actividad	Tiempo	Responsable	Costo
Central de lubricación	8 días	Gerente de producción	Q 16,000.00
Boquillas de lubricación	8 días	Gerente de producción	Q 2,000.00
Mangueras de lubricación	8 días	Gerente de producción	Q 2,450.00
Tubería de aire	5 días	Dep. Mantto. Mecánico	Q 300.00
Instalación de equipos y accesorios	8 días	Dep. Mantto. Mecánico	Q 3,000.00
Cubeta de grasa de 35 Lbs.	2 días	Tecnolub	Q 1,679.55
Modificación de graseras en molino	3 días	Taller de tornos	Q 760.00
Mano de obra calificada	8 días	Dep. Mantto. Mecánico	Q 5,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 31,189.55</b>

#### 6.1.2 Ahorro anual del proyecto

Insumo	Cantidad	Costo por Unidad	Costo por paro	Costo total anual (paro 2 veces al año)
Pérdida de producción por falla	18,400 Lbs.	Q 2.50	Q 46,000.00	Q 92,000.00
Rodamiento inferior SKF 6310 ZZ	1 Unidad	Q 290.00	Q 290.00	Q 580.00
Rodamiento inferior SKF 7310 ZZ	3 Unidades	Q 555.00	Q 1,665.00	Q 3,330.00
Mano de obra	2 Días	Q1,200.00	Q 2,400.00	Q 4,800.00
Insumo y repuestos varios		Q2,000.00	Q 2,000.00	Q 4,000.00
<b>TOTAL</b>			<b>Q 52,355.00</b>	<b>Q 104,710.00</b>

### 6.1.3 Resumen

Costo total de inversión	Costo de mantenimiento	Ahorro anual
--------------------------	------------------------	--------------

Q 32,089.55	Q 900.00	Q 104,709.96
-------------	----------	--------------

**Costo total** = Inversión inicial + Costo de mantenimiento que tendrá el proyecto por un año.

VAN	Q22,426.02
TIR	26%

VAN y TIR calculados desde una hoja de cálculo electrónica de Microsoft Excel.

COSTO vrs BENEFICIO	
<b>C/B = Ahorro anual / Costo Total</b>	<b>Ganancia neta por cada quetzal invertido</b>
<b>Q3.26</b>	<b>Q2.26</b>

#### **6.1.4 Interpretación de resultados de análisis financiero**

$$\text{VAN} = \text{Q. } 22,426.02$$

Debido a que el valor actual neto (VAN) del proyecto propuesto es mayor de cero, se determina que éste será rentable.

$$\text{TIR} = 26\%$$

La tasa interna de retorno (TIR) será del 26% mensual, lo cual demuestra que el proyecto será rentable ya que es superior a la tasa de la inversión anual que es del 20%.

#### **6.1.5 Conclusiones de análisis financiero**

- Una decisión, basada en fundamentos teóricos y sustentados con un análisis técnico por medio de los cálculos correspondientes, es la mejor manera para realizar la toma de decisión sobre un problema específico, lo que a la vez genera un respaldo respecto a las acciones tomadas.
- El caso de estudio elaborado para la empresa Industria de Alimentos S.A., genera una solución a los problemas de desgaste, fricción o atrancamientos en rodamientos y tornillo sin fin, como consecuencia final de una mala lubricación ocurridos en el molino de mostaza de la empresa de alimentos por medio de un sistema de lubricación óptimo, permite una reducción considerable en costos de operación porque hace que el lubricante necesario y preciso llegue a los puntos de aplicación necesarios. Lo anterior reduce tanto el consumo de lubricantes como el desgaste o daño en los componentes de las máquinas utilizadas en el proceso de producción de mostaza.

- La lubricación automática o centralizada tiene ventajas definitivas sobre la lubricación manual, dispensando cantidades pequeñas y medidas necesarias de lubricante, a intervalos más frecuentes, directamente a las áreas de contacto de los rodamientos y partes móviles principales del molino de mostaza lo que garantiza que se mantenga una película protectora del espesor apropiado a toda hora, que previene el desgaste ocurrido por rozamiento entre las superficies sometidas a fricción, y por lo tanto, a la pérdida de material debido a ese rozamiento. Se asegura el aumento de la vida útil de los rodamientos, lo cual permite que estos puedan trabajar por períodos más largos de operación y a su vez reduce las actividades de mantenimiento causadas por deficiencias en la calidad de los rodamientos.
- Desde el punto de vista ecológico, es de suma importancia sustituir el sistema de lubricación actual, así se evitará un desperdicio de grasa lubricante utilizado en los rodamientos y partes móviles del molino, para evitar derrames de aceite que se mezclan con el agua de los drenajes y se dirigen hacia los ríos. De esta manera se estará disminuyendo los niveles de contaminación generados por el proceso productivo de mostaza.

## CONCLUSIONES

1. Generalmente los problemas ayudan a observar las debilidades y fortalezas para enfrentar diferentes situaciones. Por lo tanto es recomendable tener en cuenta que pueden representar causas y oportunidades de mejora en el sistema de lubricación del proceso productivo. Incluso, se puede concluir por medio del desarrollo del presente caso, que muchas veces la mejor alternativa económica, no es la mejor alternativa para una empresa, pues se debe evaluar otros aspectos que influyen para la mejora general.
2. La lubricación automática tiene ventajas definitivas sobre la lubricación manual, dispensando cantidades pequeñas y medidas de lubricante, a intervalos más frecuentes, directamente a las áreas de contacto del molino de mostaza lo cual garantiza que se mantenga una película protectora del espesor apropiado a toda hora, que previene el desgaste ocurrido por rozamiento entre las superficies sometidas a fricción, y por lo tanto, a la pérdida de material debido a ese rozamiento. Al evitar la pérdida de material, se asegura el aumento de la vida útil del molino de mostaza, permitiendo que estos puedan trabajar por períodos más largos de operación y a su vez reduciendo las actividades de mantenimiento causadas por deficiencias en la calidad de los molinos de mostaza.



3. Los sistemas centralizados y automáticos de lubricación son herramientas tecnológicas que permiten optimizar la función de la lubricación al proporcionar las siguientes ventajas y beneficios:

- Prolonga la vida útil de las piezas de una máquina, ya que están lubricados adecuadamente
- Requieren menos mantenimiento gracias a un mínimo
- Mayor disponibilidad de la máquina, debido a menos fallas, paradas no programadas y reparaciones
- Reducción de costos de operación, mantenimiento y mano de obra (lubricantes, repuestos, materiales)
- Eliminación de excesos de lubricante y por ende menor contaminación ambiental

## RECOMENDACIONES

1. Con la aplicación de lubricación de alto rendimiento, debido a que se prolongan los ciclos de lubricación considerablemente, se hace necesario poner especial cuidado en el mantenimiento mismo del sistema, por lo que debe existir el compromiso de todos los involucrados en la operación de los equipos a que este funcione adecuadamente pues una falla puede resultar en un costo mayor. Dada la naturaleza del proceso y lo crítico de control de variables del mismo esta es una planta cuya visión estratégica en el mediano plazo, debe contemplar un programa de mantenimiento productivo total.
2. Involucrar a todo el personal del taller en los objetivos de optimizar los costos y las actividades de mantenimiento, mediante capacitación respecto del mantenimiento preventivo, correctivo y los beneficios directos que se obtienen en sus labores. Se debe evitar incurrir en el error de pensar que todo es automático y asegurar la suficiente atención a las inspecciones del sistema.
3. Realizar un diagrama de programación de actividades más detallado que el presentado en este estudio, además de las fechas en que serán realizadas para evitar que la instalación del equipo se haga en contra del tiempo y así se garanticen cero defectos, es decir, que no se presenten fugas u obstrucciones en el sistema.
4. Centralizar y automatizar la lubricación de todas las máquinas involucradas en el abastecimiento de materia prima de un proceso

continuo como lo es la industria alimenticia, ya que por los volúmenes de producción que se manejan cualquier fallo o retraso implica una gran pérdida, tanto monetaria como de eficiencia.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALTMANN Carolina, *Mantenimiento de clase mundial*, [consulta: 22/11/2010], <http://www.mantenimiento mundial.com/sites/mmnew/bib/notas/técnicas-monitoreo.pdf>
2. AVALLONE, E. y BAUMEISTER, T. *Manual del ingenieromecánico*, 9a. ed. Edición en español. México: McGraw-Hill, 1995. 2108 p. ISBN: 9701006631
3. BREALEY, MYERS Y ALLEN, *Principios de Finanzas Corporativas*. 8ª ed. México: Mc Graw Hill, 2006. 620 p. ISBN 13: 9788448146214
4. CETM. *Los tratamientos antidesgaste y revestimientos de superficies*, Deformación Metálica. España: Edición privada, No. 240, Mayo-junio, 1998.
5. DEUTSCHAMND, Aaron D.; MICHELS. Walter J. y WILSON, Charles E. *Diseño de máquinas* 7a. ed. México: Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V., 1996. 420 p.
6. GAVA, L.; E. ROPERO; G. SERNA y A. UBIERNA, *Dirección Financiera: decisiones de inversión*. México: Delta, 2008. 365p.
7. *Grasas y aceites automotrices*, [consulta: 22/11/2010] <http://www.el4x4.com/spa/item/resource/ART06630/grasas.jpg&imgreful>

8. Grupo TERMOGRAM. *Tomografía de piezas mecánicas*, [consulta: 07/09/2010] <http://www.termogram.com>
9. HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto, FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos, BAPTISTA LUCIO, Pilar. *Metodología de la investigación*, México: McGraw-Hill, 2008, 896 p. ISBN: 9701057538
10. J.E. Shigley y C.R. Mischke. *Diseño en Ingeniería Mecánica*. 3a. ed. México: McGraw Hill, 2002, 392 p. ISBN: 88403922-258.
11. KARLSRUHE ROMACO. *Manual de fabricante molino fryma koruma PA5* [consulta: 07/09/2010] <http://www.romaco.com>
12. Lincoln Industrial. *Automated lubricating technical training manual*. Edición privada. USA: 2006. 56p.
13. MATERIAS. *Tipos de lubricantes*. [consulta: 22/11/2010] <http://materias.fi.Uba.ar/7201/Lubricantes2009.pdf,Imagen02.jpg>
14. MONOGRAFÍAS, Centro de tesis, documentos, publicaciones y recursos educativos. *Centrales de lubricación*. [consulta. 22/11/2010] <http://www.monografias.com>
15. PIOVAN, Marcelo Tulio. *Conceptos Básicos de la Teoría de Lubricación y de Tribología en General, Cojinetes Hidrodinámicos Radiales. Proyecto de Cálculo de Ejes y Elementos accesorios*. Elementos de Máquinas. Capítulo 7, Segunda Parte. UTN-Universidad Tecnológica Nacional-Facultad Bahía Blanca. Buenos Aire, Argentina. Versión 2009 [Ref. de 7 de Septiembre 2010]. PP1-20.

Disponible en internet: <http://www.frbb.utn.edu.ar/carreras/ingenieriamecanica/materias/elementosdemquinas/cap07-02>.

16. QUIJADA, José Ricardo. *Fundamentos de Lubricación*. JRQP INGENIERIA. 2010. [ref. de 7 de septiembre 2010] PP 1. [consulta 07/09/2010] Disponible en internet: <http://jrqpingenieria.blogspot.com/p/lubricacion.html&usg>
17. RABINOWICZ, E. *Friction and wear of materials*, USA: 1995, HUTCHING I. M. Tribology Friction and wear of Eigneering materials. [Consulta:07/09/2010] <http://quimica.ugoasto.mx/revista/1/tribologia.htm>
18. TECHNIFORUM. *Principios de lubricación y tipos de lubricantes*, [consulta:07/09/2010], [http://www.techniforum.com/central\\_lubrica\\_07.htm](http://www.techniforum.com/central_lubrica_07.htm)
19. TEXACO. *Catálogo de lubricantes, grasas y refrigerantes*. Edición Privada, 1998. 30 p
20. WIDMAN Richard. *Interpretando el reporte de análisis de aceite*. Widman International SRL, Boletín No. 46, Publicado el 1 de junio 2009.



## ANEXOS

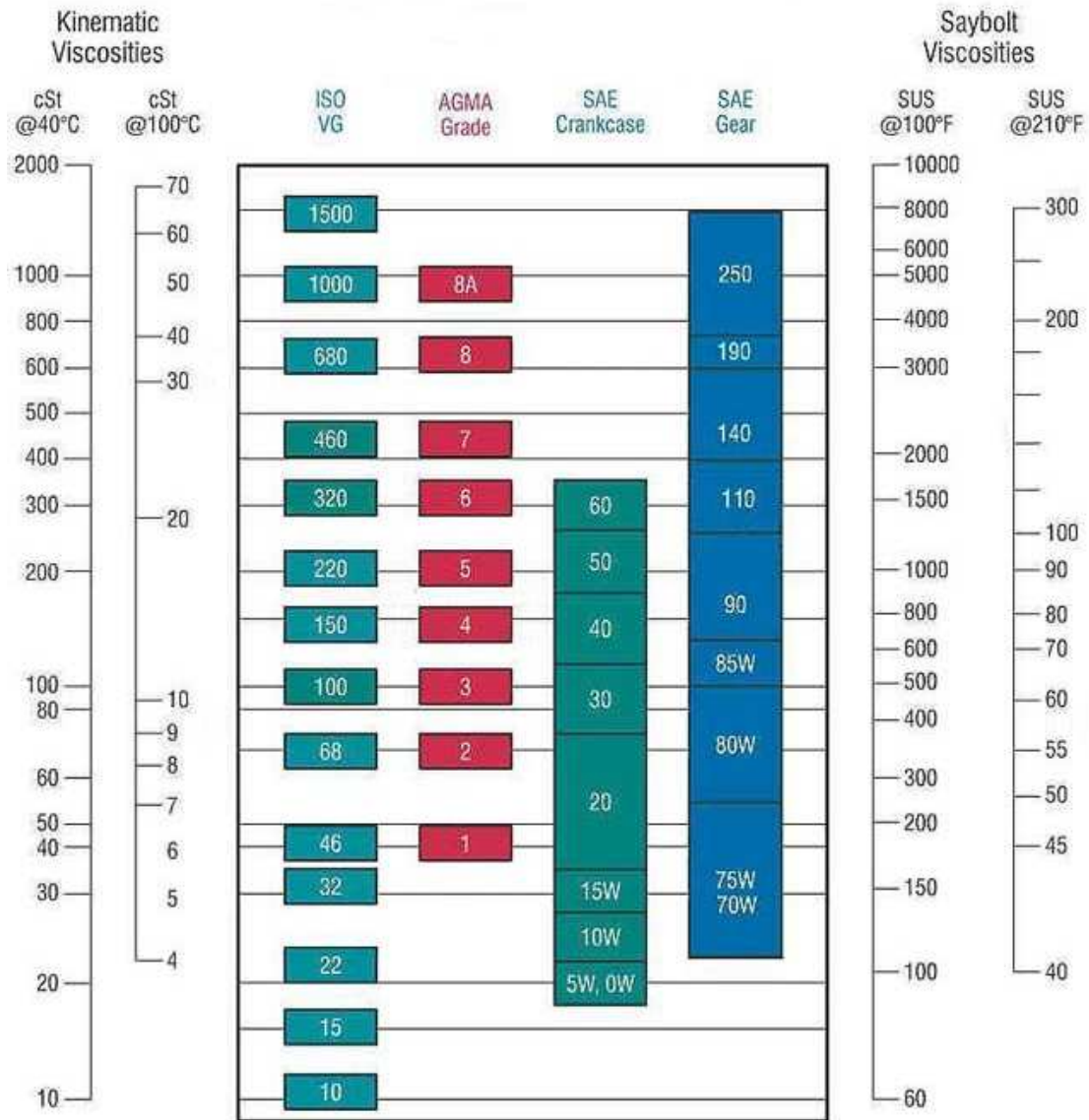
**Precios para diferentes tipos de lubricantes espesos según la viscosidad cinemática en cSt a 100 °c del aceite base.**

#	Viscosidad cinemática (100 °c)	Galones por tonel	Precio por galón	Precio Total
1	4.5 cSt	55	\$ 6.44	\$ 354.03
2	5.3 cSt	55	\$ 5.91	\$ 325.09
3	6.6 cSt	55	\$ 5.23	\$ 287.65
4	8.6 cSt	55	\$ 5.91	\$ 325.09
5	9.7 cSt	55	\$ 5.91	\$ 325.05
6	15 cSt	55	\$ 8.14	\$ 447.70
7	19 cSt	55	\$ 9.76	\$ 536.80
8	25 cSt	55	\$ 11.98	\$ 658.90
9	30 cSt	55	\$ 15.04	\$ 827.20
10	40 cSt	55	\$ 17.67	\$ 971.85
11	50 cSt	55	\$ 19.98	\$ 1,098.90
12	65 cSt	55	\$ 22.46	\$ 1,235.08
13	80 cSt	55	\$ 25.41	\$ 1,397.55

Fuente: Texaco. Catálogo de lubricantes, grasas y refrigerante.

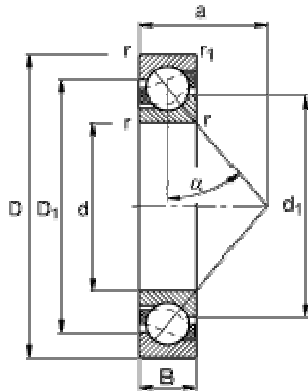


## Comparativa de viscosidad



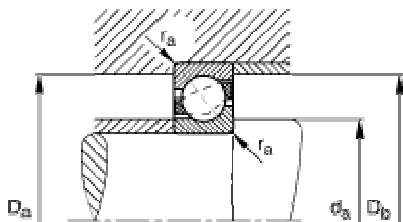
Fuente: Texaco. Catálogo de lubricantes, grasas y refrigerante.

**Rodamientos a bolas de contacto angular 7310-B-TVP medidas principales  
según DIN 628-1, ángulo de contacto  $\alpha = 40^\circ$**



<b>d</b>	50 mm
<b>D</b>	110 mm
<b>B</b>	27 mm

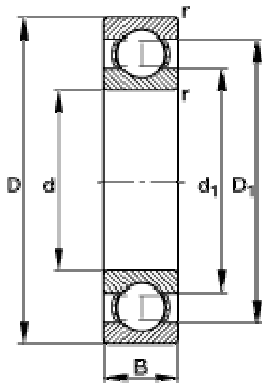
<b>a</b>	47 mm
<b>D1</b>	87.6 mm
<b>Da max</b>	99 mm
<b>Db max</b>	104.4 mm
<b>d1</b>	73.1 mm
<b>da min</b>	61 mm
<b>r1 min</b>	1 mm
<b>ra max</b>	2 mm
<b>ra1 max</b>	1 mm
<b>r min</b>	2 mm



<b>m</b>	1.05 kg	Peso
<b>Cr</b>	75000 N	Capacidad de carga dinámica, radial
<b>e</b>	1.14	
<b>X</b>	0.35	
<b>Y</b>	0.57	
<b>Yo</b>	0.26	
<b>Cor</b>	50000 N	Capacidad de carga estática, radial
<b>nG</b>	7000 1/min	Velocidad límite
<b>nB</b>	6100 1/min	Velocidad de referencia
<b>Cur</b>	3400 N	Carga límite de fatiga, radial

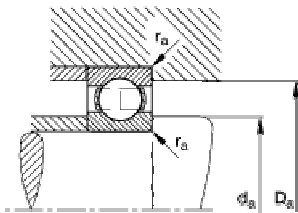
Fuente: [http://medias.ina.de/medias/es!hp.ec.br.pr/73...-B\\*7310-B-TVP](http://medias.ina.de/medias/es!hp.ec.br.pr/73...-B*7310-B-TVP), 22/11/2010

## Rodamiento rígido a bolas 6310 Medidas principales según DIN 625-1



<b>d</b>	50 mm
<b>D</b>	110 mm
<b>B</b>	27 mm

<b>D1</b>	87.6 mm
<b>Da max</b>	99 mm
<b>d1</b>	73.1 mm
<b>da min</b>	61 mm
<b>ra max</b>	2 mm
<b>r min</b>	2 mm



<b>m</b>	1.05 kg	Peso
<b>Cr</b>	75000 N	Capacidad de carga dinámica, radial
<b>Cor</b>	50000 N	Capacidad de carga estática, radial
<b>nG</b>	7000 1/min	Velocidad límite
<b>nB</b>	6100 1/min	Velocidad de referencia
<b>Cur</b>	3400 N	Carga límite de fatiga, radial

Fuente: <http://medias.ina.de/medias/es!hp.ec.br.zugprod>, 22/11/2010

## Rodamientos



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/angular-contact-ball-bearing-7310ac-309084355.html>, 22/11/2010

## Rodamiento de bolas



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-free-img/skf-deep-groove-ball-bearing-6310-314230502.html>, 22/11/2010

## Agentes espesantes para grasas

<b>Agentes Espesantes para Grasas</b>				
	Rango de Temperatura	Bombeabilidad	Resistencia al Agua	Textura
Jabón de Litio (1)	Amplio, hasta los 350 °F (177 °C)	Buena	Buena	Suave
Jabones de Sodio	Hasta los 250 °F (121 °C)	Pobre	Sensible al Agua	Muy Fibrosa
Jabones de aluminio (2)	Hasta los 250 °F (121 °C)			
350 °F (177 °C) para una base compleja de aluminio para Duraciones cortas	Pobre a bajas temperaturas	Buena	En hilos	
Jabones de Calcio (3)	Hasta los 230 °F (110 °C)			
350 °F (177 °C) para una base compleja de calcio para duraciones cortas	Lo justo a pobre	Buena	Suave	
Jabones de Bario (4)	Hasta los 380 °F (193 °C)	Pobre	Muy buena	Fibrosa
Gel de Sílice (5)	Hasta los 375 °F (191 °C), utilizada para aplicaciones de alta temperatura	Buena	Buena	Suave
Grasas Bentone	Se derriten a 500 °F (260 °C), utilizada para aplicaciones de muy alta temperatura	Pobre	Buena	Suave

Fuente: [http://www.techniforum.com/central\\_lubrica\\_05.htm](http://www.techniforum.com/central_lubrica_05.htm), 22/11/2010

## Cotización de grasa



Guatemala 24 de Agosto de 2010

Ing  
Alejandro Fonseca  
Industria de Alimentos S.A.

Por este medio sometemos a su consideración los siguientes productos:  
Los productos CITGO son fabricados y envasados en los Estados Unidos por CITGO PETROLEUM CORPORATION bajo las normas de calidad ISO 9002 lo que le asegura la adquisición de productos de alta calidad.

Cantidad	Producto	Precio Unitario	TOTAL
1	CLARION FD GRD HTEP 35LBS	Q 1,679.55	Q 1,679.55

### TERMINOS

Forma de pago: Contado, Cheque, Tarjeta de credito.

Tiempo de la oferta 15 días.

Despacho: 24 hrs. Después de recibir orden de pedido u orden de compra dentro del perímetro metropolitano

En espera de poder atender sus necesidades, me es grato suscribirme.

Atentamente,

Cindy Batres  
Asistente de Ventas  
24422727

Fuente: Tecnología en lubricantes S.A

## Información de grasa

### INFORMACIÓN DE PRODUCTOS

#### CITGO CLARION® FOOD GRADE HTEP GREASE



Date 9/02

**DESCRIPCIÓN:** El lubricante Clarion® HTEP Categoría Alimento es un producto para alta temperatura, extrema presión, resistente al agua en un grado NLGI N° 2. Está autorizado por el USDA para ser usado como lubricante H1 en plantas de procesamiento de carnes y aves bajo el programa de inspección federal. Cumple con la Regulación 21 CFR 178.3570 de FDA para lubricantes en contacto incidental con alimentos.

**CUALIDADES:**

- Rendimiento Timken EP de 40 lb
- Mayor rendimiento en EP de cuatro bolas y antidesgaste
- Excelente protección de óxido
- Oxidación inhibida
- Excelentes propiedades a alta temperatura
- Excelentes propiedades de adhesión/cohesión
- Alta resistencia al efecto del agua.

**APLICACIONES:** El Clarion® Categoría Alimento HTEP puede ser usado con maquinaria de procesamiento y empaque de alimentos, donde hay posibilidad de un contacto incidental con alimento.

**SEGURIDAD Y MANEJO:** NO DISEÑADO PARA CONSUMO INTERNO HUMANO. Consulte la Hoja de Datos de Seguridad del Producto (MSDS, del inglés "Material Safety Data Sheet ") para mayor información sobre seguridad y manejo. Se puede obtener una MSDS a solicitud.

#### PROPIEDADES TÍPICAS:

##### CITGO CLARION® FOOD GRADE HTEP GREASE

NLGI N°	2
Código	655700001
Espesante	Complejo de aluminio
Textura	Suave, pegajosa
Color	Blanco a transparente
Temperatura de fusión, ASTM D 2265, °F (°C)	510 (266)
Penetración a 77°F, ASTM D 217 trabajada 60 golpes	280
Prueba de cojinete de rueda, ASTM D 2364, grms fuga	4.5
Bomba de oxidación, ASTM D 942, caída psi a 200 h	10
Resistencia al agua, ASTM D 1264, % pérdida a 175°F	10
Prevención de óxido, ASTM D 1743, nominal	Aprobado
Corrosión de cobre, ASTM D 4048, nominal	1B
Prueba Timken, ASTM D 2509, OK carga	40
Soldadura de cuatro bolas, ASTM D 2596, kg	400
Desgaste de cuatro bolas, ASTM D 2266, mm scar	0.55
Desgaste de cuatro bolas, LWI, ASTM D 2599, kgf	55
Separación de aceite, ASTM D 1742, % separado	2.0
Aceite mineral más aditivos solubles en aceite	
Viscosidad, ASTM D 445, cSt a 40°C	581
cSt a 100°C	65.8
Índice de viscosidad, ASTM D 2272	188

CITGO Petroleum Corporation • 800/248-4684 • Tulsa, Oklahoma • Made in USA

Fuente: Citgo Clarion Group.