

**UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA, ELECTRÓNICA Y**  
**AMBIENTAL**  
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA Y  
ELÉCTRICA



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN  
EL SISTEMA TRATADOR CORONA-LÍNEA COATING”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

Para optar el Título Profesional de

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER**

ARANGO VELASCO, ADÁN

**Villa El Salvador**  
**2015**

## **DEDICATORIA**

A mis padres Apolonio Arango y Yolanda Velasco por su apoyo incondicional durante cada nueva etapa académica de mi vida.

A mis hermanas por compartir mis sueños y anhelos que se están haciendo realidad.

También agradezco mí amada esposa e hijo, quien es mi constante apoyo, mi mejor amiga y el impulso para mejorar cada día.

Y sobre todo a Dios quien acompañó mis pasos día tras día, me sostuvo en medio de las dificultades, orientándome para ser cada vez una mejor persona, esposo y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero expresar mi agradecimiento:

A la Universidad Nacional Tecnológico del Lima sur y a la carrera de Ingeniería Mecánica y Eléctrica por haber formado las bases ingenieriles de mi carrera.

A la gran cantidades de ingenieros que tuve el privilegio de conocer en la vida laboral por haber transmitido mucho de su vasto conocimiento y experiencia en Neumática, Hidráulica, Electricidad y equipos Industriales.

La realización de este proyecto contó con la cooperación oportuna y generosa de muchas personas. Agradezco de forma especial a los siguientes:

A todo el personal de mantenimiento mecánico de la Empresa de rubro de plásticos polipropileno. Y de la organización de Proyectos, por brindar todas las facilidades y servicios necesarios en el desarrollo de la investigación.

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>7</b>
<b>CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b> .....	<b>8</b>
1.1. Descripción de la realidad problemática .....	8
1.2. Justificación del problema .....	9
1.3. Delimitación de la investigación.....	9
1.3.1. Espacial .....	9
1.3.2. Temporal.....	9
1.4. Formulación del problema .....	9
1.4.1 Problema Central .....	9
1.4.2 Problema Específico .....	9
1.5. Objetivos .....	10
1.5.1. Objetivo General .....	10
1.5.2. Objetivo Especifico.....	10
<b>CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>11</b>
2.1 Antecedentes .....	11
2.2 Bases Teóricas.....	12
2.3 Marco Conceptual .....	40
<b>CAPÍTULO III: DISEÑO/DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA/MODELO/ SISTEMA</b> .....	<b>42</b>
3.1 Análisis del Modelo/Herramienta/Sistema .....	42
3.2 Construcción, Diseño o Simulación de la Herramienta/Modelo/ Sistema .....	59
3.3 Revisión y Consolidación de Resultados .....	72
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>73</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>75</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>
Anexo 1. Catálogo de Lincoln para Lubricación Centralizado .....	76
Anexo 2. Quick de Bombas para el sistema de Lubricación.....	77
Anexo 3. Software para de cálculo de re lubricación Dial Set 4.0 .....	78
Anexo 4. Clasificación de grasas lubricantes .....	79
Anexo 5. Tablas para seleccionar tuberías según la viscosidad .....	80
Anexo 6. Fotos de la máquina .....	81

## **FIGURAS**

1. Microfotografías de superficies metálicas pulidas .....	13
2. Superficies en movimiento.....	14
3. Movimiento de las capas de un fluido entre dos superficie .....	15
4. Los cuatro factores de las fallas de los rodamientos.....	20
5. Etapas de funcionamiento de un inyector de Línea Simple.....	35
6. Programa de cálculo de re lubricación Dial Set 4.0.....	45
7. Volumen de lubricante frente a intervalo de re lubricación.....	60
8. Diagrama visto en planta de la instalación del sistema .....	70

## **TABLAS**

1. Relaciona del número N.LG.I. Con el valor de la correspondiente penetración.....	23
2. Propiedades principales de la grasa .....	24
3. Clasificación C.A.M.P.S.A. para Grasas Lubricantes .....	28
4. Volumen de entrega para inyectores Lincoln tipo SL .....	46
5. Volumen requerido por inyectores Lincoln SL para ciclar .....	47
6. Largos máximos para la línea principal.....	49
7. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 0.....	50
8. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 01 .....	51
9. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 2.....	51
10. Cantidad de lubricante requerido por expansión de tubería.....	52
11. Cantidad de lubricante requerido por expansión de Tubería.....	53
12. Largo máximo para líneas de entrega a puntos .....	54

13. Volumen de entrega para algunas bombas Lincoln .....	55
14. Materiales para fabricación del sistema centralizado.....	64
15. Comparativo de parámetros.....	66

## INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación, se pretende dar una solución respecto a los problemas frecuentes con los que se enfrenta el personal que realiza las tareas de lubricación es el difícil acceso a los puntos de engrase en algunos equipos, teniendo que esperar a realizar la lubricación cuando la máquina se encuentre inoperativa, alterando las frecuencias de las tareas o invirtiendo más tiempo en desmontar el equipo, para poder cumplir con la respectiva lubricación.

Es por ello que, viendo la necesidad de mejorar los métodos de trabajo del personal de lubricación, se diseñó implementar un sistema Centralizado en la línea Coating sistema tratador corona N°2 para así disminuir las fallas prematuras de los rodamientos en los rodillos, prolongar la vida de la maquina seleccionando un lubricante correcto aplicándolo en un lugar necesario y en el tiempo requerido, lo cual se implementara en los siguientes rodillos del Tratador Corona N°2 en el Área Coating N°1 de Planta N°2: Rodillo Cerámico de Tratador Corona N°2, Rodillo de Paso N°1, Rodillo de Paso N°2 y Rodillo Nip.

Todas estas formas de mejorar, pueden ser aplicadas por medio de la utilización de un sistema centralizado de lubricación, ya sea manual o automático. Estos sistemas ya están siendo utilizados ampliamente a nivel mundial, con el objetivo de hacer más eficiente la lubricación, con todas las mejoras que esto implica. Así se busca mejorar la eficiencia de la lubricación, obteniendo el mayor rendimiento de la maquinaria y ayudando en la mejora de la eficiencia productiva de la misma.

# CAPITULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la Realidad Problemática

Como se ha visto, las consecuencias de la fricción son generalmente indeseables dentro de un mecanismo mecánico.

Provocan ante todo desgaste, el cual puede definirse como “el deterioro sufrido por las superficies a causa de la intensidad de la interacción de sus rugosidades superficiales”. Este deterioro debe ser evitado a toda costa si se quiere que los mecanismos permanezcan trabajando el mayor tiempo posible.

Uno de los problemas más frecuentes que se presenta en el sistema Tratador Corona es el recalentamiento y fallas prematuros de los rodamientos en los rodillos y esto se debe a la falta de lubricación la cual hace que disminuya la vida útil de los rodamientos y aumenta la frecuencia de reparaciones programadas.

Otros problemas que se presenta es el personal que realiza las tareas de lubricación es el difícil acceso a los puntos de engrase en los rodillos, teniendo que esperar a realizar la lubricación cuando la maquina se encuentre inoperativo, alterando las frecuencias de las tareas programadas e invirtiendo más tiempo en desmontar el equipo, para poder cumplir con la respectiva lubricación.

## **1.2. Justificación del Problema**

El motivo de la aplicación del sistema centralizado es para mejorar el sistema de lubricación de un tratador corona que dentro de una línea de coating de una planta de plástico, para de esta manera disminuir las altas temperaturas que se presentan, y también alargar la vida útil de los rodamientos; disminuyendo las frecuencias de reparaciones, y evitando accidentes que sufren los encargados de lubricación.

## **1.3. Delimitación de la Investigación**

### **1.3.1. Espacial**

El presente investigación está comprendida en la Región Lima, Provincia Lima, distrito de Lurín, el tema de investigación se realizó en una empresa industrial de rubro Plástico específicamente en la línea Coating, sistema tratador corona.

### **1.3.2. Temporal**

Esta investigación se empezó a realizarse las primeras semanas del mes de agosto hasta noviembre del 2013, esta investigación es de actualidad, por cuanto el tema de satisfacción laboral es vigente y más aún en el ámbito de ingeniería.

## **1.4. Formulación del Problema**

### **1.4.1. Problema Central**

- El problema de la Línea son las paradas constantes

### **1.4.2. Problema Específico**

- Fallas prematuros de los Rodamientos
- Desgaste excesivos en los mecanismos Mecánicos

## **1.5 Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo General**

- Diseñar un sistema de lubricación centralizado automático para Disminuir Paradas de las maquinas.

### **1.5.2 Objetivos Específicos.**

1. Alargar la vida útil del rodamiento de los rodillos.
2. Disminuir el desgaste de las maquinas.

# CAPÍTULO II

## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedente

Para el desarrollo de la investigación es necesaria la revisión de un grupo de estudios realizados con anterioridad, estos antecedentes resaltan la importancia de la planificación y programación dentro de la política de mantenimiento de cualquier organización, cuyo proceso productivo depende directamente del desempeño de las maquinarias, equipos y personal existentes dentro de la empresa, entre las cuales se tiene:

En primer lugar, tenemos a Rodríguez (2010), en su investigación titulada “Diseño de un Sistema de Filtrado y Recirculación de aceite para la Chumacera de Salida del Molino de cemento #4 de Cemex (Planta Lara)”, Realizada en la Universidad Fermín Toro para optar del Título de Ingeniero en Mantenimiento Mecánico, su investigación consiste en la propuesta de diseño de un sistema de filtrado y recirculación de aceite de la chumacera de salida del molino de cemento, la cual reducirá las paradas no programadas por problemas de alta temperaturas en las chumaceras, generado por la contaminación del lubricante, garantizando la continuidad productiva de la planta y ayudando a elevar la confiabilidad de los equipos.

También tenemos a Sergio Ricardo Herrera Trangay (2003), en su investigación Titulada “Diseño y Aplicación de un Sistema de Lubricación

Centralizado en una Maquina de Corte de Rollos de Papel Higiénico”, realizada en la universidad de San Carlos de Guatemala para optar del Título de Ingeniero Mecánico, la cual se diseñó para aumentar la producción y reducir las paradas no planificadas o programadas por problemas de lubricación.

## **2.2. BASES TEÓRICAS**

### **2.2.1. LUBRICACION**

#### **Concepto.**

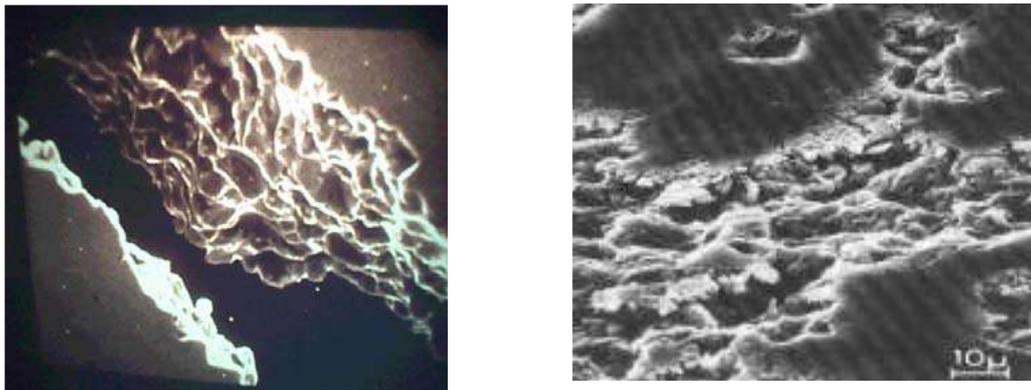
La finalidad principal de la lubricación es reducir la fricción y el desgaste en el interior de los rodamientos que podrían causar fallos prematuros.

Es necesario conocer cuáles son las condiciones que rigen la interacción de las superficies a un nivel microscópico, para poder comprender adecuadamente cuál es el papel de la lubricación en el movimiento de los cuerpos con respecto a otros. Cualquier cuerpo sólido, no importando de qué material esté compuesto, presenta una superficie que a primera vista puede parecer uniforme. Sin embargo al observar esta superficie con más detenimiento, llegando incluso a observarla por medio de un microscopio (ya sea normal o electrónico), se llega a apreciar que distan mucho de ser uniformes. En realidad, las superficies sólidas presentan un acabado bastante irregular, con crestas que sobresalen del material y depresiones por entre estas crestas. A estas crestas y depresiones, también se les conoce como picos y valles respectivamente.

Enfocándonos un poco más en las superficies de los componentes comúnmente utilizados en maquinaria, estas irregularidades en la superficie son provocados en su mayoría por los procesos de manufactura que dan el acabado a las piezas. Una pieza que se somete incluso al proceso de pulido, siempre presentará al nivel microscópico irregularidades.

Recuérdese que aún en el proceso de pulido más riguroso, se utilizan ya sea pastas abrasivas o materiales abrasivos cuya función es producir un desgaste controlado de la superficie que se está puliendo. Los procesos de corte más estrictos, que aunque poseen límites de tolerancia que si bien pueden llegar a ser de micrones, siempre provocan que las superficies queden irregulares.

**Figura 1. Microfotografías de superficies metálicas pulidas**



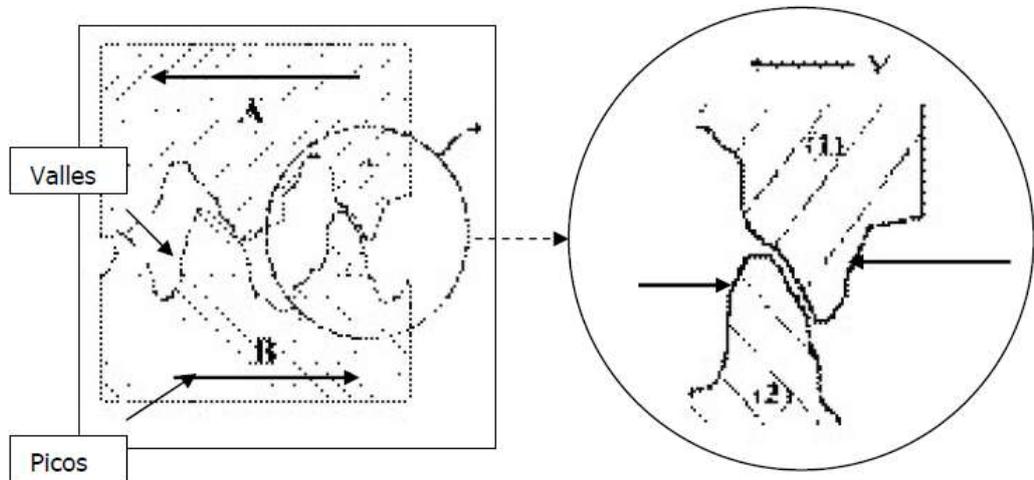
Fuente: (Libro de LUIS ARIZMENDI ESPUÑES “TRIBOLOGIA”.)

Teniendo en cuenta esta realidad inherente a todas las superficies, se analizará un poco qué sucede si dos superficies se encuentran en contacto y que son sometidas a un movimiento relativo entre ellas.

En primer lugar al estar las superficies estáticas, por efectos de la presión que las une (la cual puede ser provocada por el mismo peso de los cuerpos) se provoca adherencia de ambas superficies a nivel microscópico.

En cuanto se inicia el movimiento, estas adherencias se rompen, y las irregularidades de ambas superficies empiezan a chocar unas con otras. Cuando el movimiento se hace continuo, estas irregularidades siguen chocando unas con otras provocando que se libere energía, se dificulte el movimiento y además, partículas de las superficies se desprendan.

**Figura 2. Superficies en movimiento cuyas irregularidades Chocan unas con otras. La dirección del movimiento Se indica mediante las flechas continuas**



Fuente: (Libro de LUIS ARIZMENDI ESPUÑES “TRIBOLOGIA”.)

Al fenómeno anteriormente descrito, se le conoce como **FRICCIÓN**, y puede definirse como “la resistencia al movimiento relativo entre dos cuerpos en contacto”.

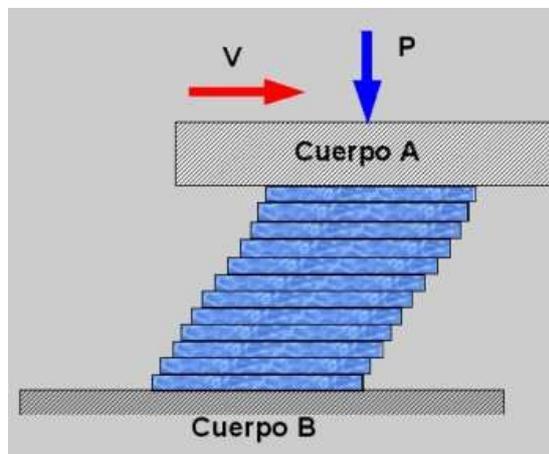
Como puede verse, la fricción tiene varias consecuencias: provoca liberación de energía, la cual se manifiesta en forma de calor; el desprendimiento de partículas es lo que se conoce como desgaste; y la magnitud de la fuerza de oposición al movimiento es lo que se conoce como la fuerza de fricción. Para la mayoría de superficies que el hombre necesita que interactúen en forma de piezas mecánicas en un sistema, todas estas consecuencias de la fricción son generalmente indeseables, y de alguna forma deben tratar de minimizarse.

Para reducir la fricción puede tratar de pulirse las superficies, de tal modo que las irregularidades sean lo más pequeñas posibles, aunque siempre existirán. Otra forma de reducir la fricción consiste en separar de alguna forma las superficies, de manera que las irregularidades que presentan no choquen unas con otras. Sin embargo para que las superficies sigan interactuando aun

Estando separadas, es necesario introducir entre las mismas algún elemento que aunque las separe sea capaz de permitirles interactuar. Al elemento que se introduce entre las superficies se le conoce normalmente como lubricante, y el hecho de utilizarlo se conoce como lubricación.

También existe la fricción fluida, que es la que se debe a la resistencia al corte que poseen los fluidos. Cuando una capa de lubricante es introducida entre dos superficies y las separa, una capa de moléculas de lubricante se adhiere a la superficie. Así mismo, otra capa de moléculas está adherida a la anterior y así sucesivamente hasta llegar a la otra superficie.

**Figura 3. Esquema de movimiento de las capas de un fluido Entre dos superficies en movimiento**



Fuente: (Catalogo de SKF)

Efectos de la lubricación pueden ser brevemente descritos de la siguiente manera:

### **2.2.1.1. Reducción de Fricción y Desgaste**

Se previene el contacto metálico directo entre los aros del rodamiento, los elementos de rodadura y la jaula, componentes esenciales de los rodamientos, por medio de una película de aceite que reduce la fricción y el desgaste en las superficies de contacto.

### **2.2.1.2 Extrusión de la Vida de Fatiga**

La vida de fatiga de los rodamientos depende ampliamente de la viscosidad y grosor de la película de aceite entre las áreas de contacto de rodadura. Una película de alto grosor prolonga la vida de fatiga, pero la acorta si la viscosidad del aceite es demasiado baja.

### **2.2.1.3. Disipación del Calor Friccional y Refrigeración**

La circulación de la lubricación debe ser utilizada para eliminar el calor friccional o el calor transmitido desde el exterior, con el fin de evitar recalentamientos del rodamiento y la consiguiente degeneración del lubricante.

### **2.2.1.4. Otros**

La lubricación adecuada también ayuda a prevenir la entrada de cuerpos extraños en el rodamiento, además de evitar la corrosión o el oxidamiento.

El propósito de lubricación es la separación de dos superficies con deslizamiento relativo entre sí de tal manera que no se produzca daño en ellas. Se intenta con esto que el deslizamiento ocurra con el menor rozamiento posible y prevenir el calentamiento excesivo. Para conseguir esto se intenta, siempre que sea posible, que haya una película de lubricante de espesor suficiente entre las dos superficies en contacto para evitar el desgaste.

La fricción y el desgaste se encuentran siempre presentes en los sistemas y las máquinas. El rozamiento crea una pérdida de energía mecánica (potencial) perjudicial para el mecanismo y que se traduce en un calentamiento de las piezas que estén en contacto, ocasionando desgaste y deformaciones y eventualmente adhesión. En reposo el rozamiento se traduce en un fenómeno de adherencia, que conviene reducir para disminuir los esfuerzos necesarios para la puesta en movimiento. El rozamiento afecta a todos los movimientos relativos entre las piezas.

### **2.2.2. Tribología**

La tribología se define como la ciencia y tecnología de la interacción entre superficies en movimiento relativo e involucra el estudio de la fricción, el desgaste y lubricación.

Antes del nacimiento de la tribología como ciencia se pensaba en el término “lubricación” o ingeniería de lubricación. No se había generalizado la disminución de la fricción y el desgaste como prácticas cotidianas. Con la tribología como ciencia se estudia la fricción y sus efectos asociados, como el desgaste, tratando de prevenirlos con mejores diseños y prácticas de lubricación. Toma en cuenta, entre otros aspectos de la maquinaria industrial, los siguientes:

- El diseño
- Los materiales de las superficies en contacto
- El sistema de aplicación del lubricante
- El medio circundante
- Las condiciones de operación

#### **2.2.2.1. Aplicaciones**

La tribología está presente prácticamente en todas las piezas en movimiento tales como:

- Rodamientos
- Chumaceras
- Sellos
- Anillos de pistones
- Embragues
- Frenos
- Engranajes

La tribología ayuda a resolver problemas en maquinaria, equipos y procesos industriales tales como:

- Motores eléctricos y de combustión (componentes y funcionamiento)
- Turbinas

- Compresores
- Extrusión
- Rolado
- Fundición
- Forja
- Procesos de corte (herramientas y fluidos)
- Elementos de almacenamiento magnético
- Prótesis articulares (cuerpo humano)

### **2.2.2.2. Fundamentos de la Tribología**

La tribología se centra en el estudio de tres fenómenos:

1. la fricción entre dos cuerpos en movimiento
2. el desgaste como efecto natural de este fenómeno
3. la lubricación como un medio para reducir el desgaste.

### **2.2.3. Lubricación básica de los mecanismos comúnmente utilizados en Línea Coating**

#### **2.2.3.1. Lubricación de cojinetes lisos**

La lubricación de cojinetes lisos o bujes como se les conoce más comúnmente, puede ser realizada por medio de aceite o grasa, aplicándolos en alguna de las distintas formas en que cada uno de estos tipos de lubricante puede aplicarse. Dependerá de las condiciones de trabajo del buje la selección del lubricante y el método de aplicación del mismo.

Lo usual los bujes en el sistema tratador Corona – Línea Coating trabajan a temperaturas menores de 70°C soportando medianas y bajas cargas, y cuyos ejes giran a velocidades menores a 1200 rpm, es lubricar con grasa cuyo aceite base posea una viscosidad intermedia, alrededor de 100 a 220 centistokes, con espesantes a base de litio, con una consistencia NLGI 2. Estas características

las poseen la mayoría de grasas industriales que son conocidas como multipropósito o de uso general. Generalmente ésta se aplica a los bujes con una engrasadora (que puede ser manual o neumática), por medio de un niple de engrase directo, conocido comúnmente como grasera.

### **2.2.3.2. Lubricación de rodamientos**

Al igual que para los bujes, los rodamientos pueden ser lubricados con aceite o grasa dependiendo de las condiciones de trabajo a que son sometidos. Nuevamente las condiciones son muy similares a las de los bujes desde el punto de vista de lubricación, por lo que se suelen lubricar con la misma grasa que se aplica a bujes.

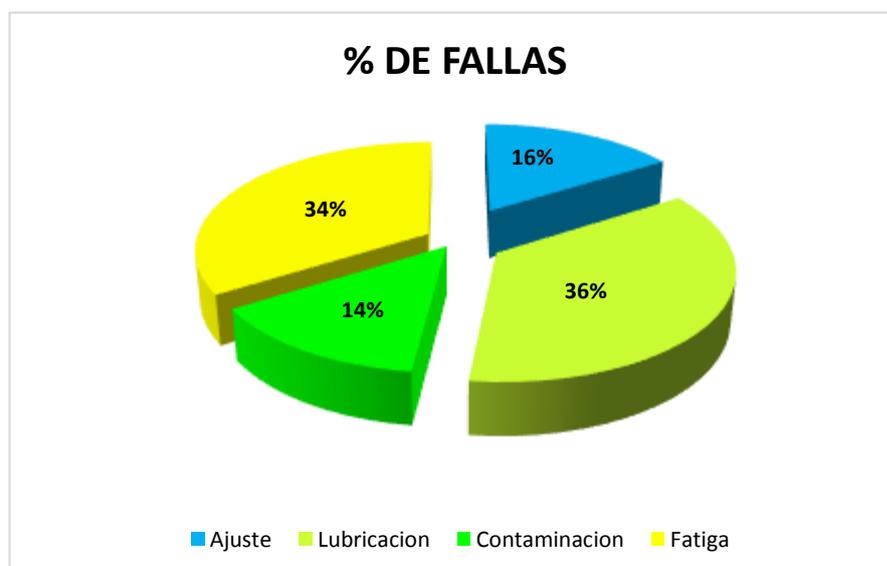
Cabe hacer mención que los rodamientos de los motores eléctricos si poseen características de operación que difieren un poco, básicamente en cuanto a velocidad y carga, por lo que algunos fabricantes de motores eléctricos recomiendan utilizar grasas con aceites base de menor viscosidad.

Sin embargo algunos motores eléctricos, sobre todo los de mediana y baja capacidad, utilizan rodamientos lubricados de fábrica para la vida útil del mismo, comúnmente llamados “sellados”, que no necesitan re lubricarse y simplemente son reemplazados al llegar al final de su vida útil o cuando el mantenimiento así lo requiera.

Los rodamientos de los equipos industriales están diseñados para proveer una cantidad de horas de servicio sin falla cuando los lubricamos con grasa correcta, en la cantidad correcta y en el momento correcto. Las fallas de los rodamientos se pueden agrupar en cuatro factores.

- **Ajuste:** 16% de las fallas de rodamiento son causados por error de ajuste al instalar.
- **Lubricación:** 36% de las fallas de rodamiento son causados por mala lubricación. Esto puede ser por grasa inadecuada, exceso de grasa o falta de grasa.
- **Contaminación:** 14% de las fallas de rodamientos son causados por contaminación del medio ambiente o del trabajo. La falta o falla de retenes, la revisión luego de trabajar en el agua, la limpieza del área de trabajo y el exceso de polvo afectan la vida útil del equipo.
- **Fatiga:** 34% de las fallas de rodamientos son causadas por fatiga. En **Los cuatro factores de las fallas de los rodamientos** términos generales hablamos de los rodamientos sobrecargados, mal aplicados rodamientos diseñados para ser usados en posición vertical e instalada horizontalmente o falta de protección por la grasa de escasa resistencia, poca adherencia, alta consistencia o pobre resistencia a los contaminantes (agua, temperatura, gases, entre otros).

**Figura 4. Los cuatro factores de las fallas de los rodamientos**



Fuente: (Catalogo de SKF, Lubricación de los rodamientos)

## **2.2.4. Las Grasas y sus Propiedades**

### **2.2.4.1. Definición**

Se llama grasa a un producto sólido, de consistencia pastosa, se utiliza en la lubricación de aquellos elementos industriales en que dicha operación no puede efectuarse con un aceite lubricante, bien por su situación a la que no se puede acceder una vez montado, o bien porque no convienen goteos, o por realizar el trabajo en ambientes polvorientos.

La grasa es una composición química más o menos compleja, en la cual se pueden obtener consistencias o espesamientos mayores o menores. Los elementos principales que entran en la composición de una grasa son: un agente espesante y un fluido lubricante, pudiendo añadirse en algunos casos determinados aditivos que comuniquen a dicha grasa ciertas características especiales.

El agente espesante y el fluido lubricante deben unirse en íntima dispersión y a continuación los aditivos. La elaboración de una grasa se hace, en líneas generales, calentando en una caldera el agente espesante hasta su temperatura de fusión y añadiendo lentamente a partir de este momento el fluido lubricante en pequeñas dosis y sin dejar que la temperatura descienda.

Es importantísimo mantener ininterrumpidamente durante todo el proceso la agitación de la masa.

Como fluidos lubricantes se pueden emplear, y de hecho se emplean generalmente, aceites derivados del petróleo y, en otros casos, compuestos orgánicos para aplicaciones Particulares.

Como agentes espesantes se utilizan jabones de metales alcalinos o alcalinos-térreos, o agentes gelificantes naturales u orgánicos.

Los aditivos, cuya finalidad estriba en mejorar las propiedades de los jabones metálicos, se añaden cuando ya está fabricada la grasa, sin dejar de agitar durante la operación.

#### **2.2.4.1. Clasificación de las Grasas**

Según los agentes espesantes utilizados, las grasas se Clasifican en:

- a) Grasa de Calcio (Cuando la base es el jabón de Ca).
- b) Grasa de Sodio (Cuando la base es el jabón de Na).
- c) Grasa de Litio (Cuando la base es el jabón de Li).
- d) Grasa de Aluminio (Cuando la base es el jabón de Al).
- e) Grasa de Bario o de Estroncio (Cuando la base es el jabón de Ba o de Sr).
- f) Grasa de Zinc (Cuando la base es el jabón de Zn).
- g) Grasa de bentonita.
- h) Grasa de sílice coloidal (gel).

Esta clasificación podría considerarse como base fundamental para iniciar la fabricación de una grasa, aunque existen tipos en la que se toman como agentes espesantes mezclas de jabones de distinta clase, según convenga a la aplicación que se va a dar al producto.

#### **2.2.4.2. Aditivos**

Como aditivos principales para estas grasas se utilizan generalmente los antioxidantes, los extrema presión, etc., y también, en muchos casos, el desulfuro de molibdeno, el grafito, compuestos de tungsteno, titanio, etc.

### 2.2.4.3. Consistencia y Dureza de las Grasas

La dureza de las grasas se llama consistencia y viene determinada por la penetración que tiene en el seno de las mismas un cono de determinadas medidas y en determinadas condiciones..

Esta dureza de las grasas viene normalizada por el llamado Número N.L.G.I (Instituto Nacional de las Grasas y Lubricantes).

A medida que este número aumenta, crece con ello la dureza del producto y disminuye, como es lógico, la penetración del mismo. Inversamente, a mayor penetración, menor consistencia.

**La tabla N° 1- nos relaciona el número N.L.G.I. Con el valor de la correspondiente penetración.**

**TABLA N° 1**

<b>N° N.L.G.I</b>	<b>Penetración ASTM trabajada</b>
0	355-385
1	310-340
2	265-295
3	220-250
4	175-205
5	130-160
6	85-115

Fuente:( tabla según Instituto Nacional de Grasas y Lubricantes)

### 2.2.5. Propiedades de las Grasas

Las propiedades de una grasa varían según la base de jabón espesante empleada.

En líneas generales se aconseja consultar la Tabla N° 2 en la que, además de expresar las resistencias mecánica, térmica y al agua, se indica también el aspecto característico.

**TABLA N°2**

	Aspecto	Propiedades Principales		
		Resistencia Mecánica	Resistencia Térmica	Resistencia al Agua
Grasa de Calcio	Mantecoso	Mala	Mala	Muy Buena
Grasa de Sodio	Más o menos fibroso	Muy Buena	Buena	Mala
Grasa de Litio	Más o menos mantecoso	Buena	Buena	Buena
Grasa de Aluminio	Transparente tenaz	Mediocre	Muy Mala	Buena
Grasa de Bario o de estroncio	Mantecoso o fibroso	Buena	Buena	Muy Buena
Bentonita	Liso	Mala	Muy Buena	Buena
Sílice Coloidal	Liso	Mala	Muy Buena	Mediocre

Fuente:( tabla según Instituto Nacional de Grasas y Lubricantes)

### 2.2.6. Elección de una Grasa

A continuación citaremos las reglas para elegir la grasa apropiada en el caso de que el problema de lubricación presentado al técnico se pueda, y se deba, resolver con una grasa.

- Las grasas que tengan como base un jabón de calcio deben aplicarse en los cojinetes lisos y en los elementos de las bombas de agua.
- Las grasas que tengan por base un jabón de sodio deben utilizarse en los cojinetes de bolas y rodillos y en los tipos de engranajes que van encerrados bajo cárter.
- Las grasas que tengan como base un jabón de aluminio, deben emplearse en los elementos de chasis de automóviles y materiales de construcción.
- Las grasas que tengan como base un jabón de Litio tienen aplicaciones en el campo del engrase general, siempre que se requiera una grasa de buena calidad.
- Las grasas que tengan como base un jabón de Bario o de Estroncio deben emplearse en todos aquellos elementos a lubricar de uso general cuando las exigencias no sean excesivas.
- Las grasas que como base la bentonita deben utilizarse en elementos que, por cualquier motivo, trabajen a elevada temperatura.
- Las grasas que tengan como base Sílice coloidal (gel) deben utilizarse igualmente cuando los elementos a lubricar estén sometidos a elevadas temperaturas de Trabajo.

### 2.2.6.1. Contraindicaciones

Como es lógico, existen ciertas contraindicaciones para los tipos de grasas reseñados, por las cuales éstas no deben ser utilizadas aunque las condiciones de trabajo sean óptimas. Así pues:

- Una grasa cuya base es un jabón de calcio no debe ser usada en cojinetes de bolas o engranajes.
- Una grasa cuya base sea un jabón de sodio no debe ser utilizada en elementos que trabajen en presencia de agua o puedan ser afectados por ella.
- Una grasa cuya base es un jabón de aluminio no debe trabajar a temperatura superiores a los 60°C.
- Una grasa cuya base sea un jabón de estroncio o de bario no debe mezclarse con otras grasas.
- Una grasa cuya base sea la bentonita no debe ser utilizada en cojinetes de bolas.
- Una grasa cuya base sea el gel de sílice tampoco debe ser utilizada en cojinetes de bolas.

Con estos consejos prácticos el técnico en lubricación puede llevar con cierto orden el plan de engrase de una industria y, asimismo, racionalizar este sistema de trabajo tan poco conocido.

### **2.2.7. Clasificación de las grasas según C.A.M.P.S.A.**

El organismo oficial que rige la industria de los productos lubricantes CAMPSA. (Compañía Administradora del Monopolio del Petróleo Sociedad Anónima) ha unificado las grasas en una serie de grupos numerados de 0 a 17, clasificándolas según la base metálica del jabón empleado y, en consecuencia, de la aplicación que se les puede dar.

En esta clasificación se dan una serie de características que definen cada uno de estos grupos y a las cuales se han de ajustar estrictamente los fabricantes a los que este organismo - C.A.M.P.S.A.- ha concedido licencia de elaboración de grasas. Esta gama de grasas es suficientemente amplia para cubrir las necesidades de los usuarios de este tipo de productos lubricantes, si bien quedan algunas lagunas que cubrir, sobre en la industria automatizada, de energía nuclear, aviación, etc.; sin embargo esta cuestión no constituye un gran problema puesto que C.A.M.P.S.A. expide licencias de importaciones de productos extranjeros que satisfacen ampliamente las necesidades de la industria moderna.

A continuación, en la Tabla N° 3, se indica la clasificación realizada por C.A.M.P.S.A. de los grupos de grasas vigentes actualmente en la industria nacional.

### 2.2.7.1. Clasificación C.A.M.P.S.A. para Grasas Lubricantes

Tabla N° 3

Grupo	Denominación	Base	Penetración	Punto de Gota °C
0	Consistentes	Ca	200-350	>80°
1	Consistentes	Ca + cargas inertes	150-300	>80°
2	Consistentes	Ca + aditivos anticorrosivos	Fluida 300-385 Semidura 200-300 Dura 85-200	>85° >90° >95°
3	Grafitadas	Ca + grafito	250-250	>85°
4	Base Mixta	Li-Ca Na-Ca Na-K	180-350	>140°
5	Fibrosas	Na	Semifluida 260-310 Fluida 170-260 Extrafluida 130-170	>140° >150° >160°
6	Grasa en bloques	Na	50-1000	>165°
7	Extrema presión	Ca + EP Li	200-300	>150°
8	De Litio	Li	Fluida 300-385 Semidura 200-300 Dura 130-200	>190° >200° >210°
9	De Aluminio	Al	Fluida 310-385 Semidura 260-310 Dura 200-260	>75° >85° >95°
10	De Bario	Ba	180-220	<130°
11	Grasas molibdenizadas	Li + S <sub>2</sub> Mo Ca	250-300	>190°
12	Grasa negra semilíquida	Ca		65°-70°
13	Grasa negra consistente superior	Ca	175-300	>80°
14	Grasa Parafinosa	Parafina o petrolatum	225-300	>50°
15	Asfálticas semilíquidas	Asfalto + aditivo EP	Viscosidad 5-50 °E a 50°C	
16	Líquidas reversibles	Estereato de aluminio y naftenato de plomo u otros aditivos EP	Fluida 12-20°E a 50°C Semiviscosa 20-40°E a 50°C Viscosa 40-70 °E a 50°C	
17	Líquidas textiles	Ca	Fluida 5-8°E a 50°C Semiviscosa 8-12°E a 50°C Viscosa 12-20 °E a 50°C	

Fuente: Compañía Administradora del Monopolio del Petróleo

Sociedad Anónima (CAMPSA)

## **2.2.8. Análisis de Grasas.- Nociones**

### **2.2.8.1. Punto de Gota de las Grasas Lubricantes**

(Norma ASTM-D-566)

Se llama punto de gota de una grasa a la temperatura por la cual dicha grasa pasa del semisólido, en el que se encuentra a temperatura ambiente, al estado líquido, bajo determinadas condiciones.

Se coloca en un tubo de ensayo provisto de tres muescas una cápsula metálica que tiene en su fondo un orificio calibrado. En dicha cápsula se introduce a presión la grasa objeto del ensayo y en su seno se coloca un termómetro, de forma que el bulbo de éste quede dentro de la cápsula.

La grasa que sobresalga de la cápsula, tanto por el orificio como por la parte superior, se elimina por medio de una espátula.

El conjunto tubo de ensayo-grasa-termómetro se introduce dentro de un baño con la ayuda de un soporte, baño cuya temperatura se controla mediante un termómetro.

Una vez preparado todo en la forma indicada, comienza la calefacción del conjunto y, en el instante en que la primera gota de grasa se desprende y cae, se leen las temperaturas que marcan ambos termómetros, tomándose como “punto de gota” de la grasa el promedio de estas dos temperaturas.

### **2.2.8.2. Penetración de las Grasas Lubricantes**

(Norma ASTM-D-217)

Este ensayo tiene por finalidad determinar la consistencia de las grasas lubricantes mediante la medida de la penetración efectuada en ellas por un cono normalizado.

Este ensayo debe hacerse con la grasa “no trabajada”, expresando la penetración en décimas de milímetro.

Se dice que una grasa es “trabajada” cuando el valor de la penetración anterior se altera por medio de cualquier movimiento de agitación o de batido durante un período de tiempo determinado.

La penetración se determina a  $25 \pm 0,5$  °C con un penetrómetro, aparato que permite aplicar el cono patrón a la muestra durante 5 segundos, tal como se ha indicado.

Las penetraciones en las grasas “trabajadas” se determinan inmediatamente después de someter a la grasa a 60 recorridos del émbolo de un aparato especial para trabajarla, realizando seguidamente la prueba de penetración a la misma temperatura que en el caso anterior, es decir a  $25 \pm 0,5$  °C.

### **2.2.9. SISTEMAS DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADOS**

Debe antes que nada, decirse que un sistema de lubricación es el método por el cual se hace llegar el lubricante hacia las superficies que se desea lubricar. De esto puede verse que puede existir una gran cantidad de sistemas de lubricación. Sin embargo, ya que se desea referir a los sistemas de lubricación centralizados, se dirá que son aquellos en los cuales desde un solo punto es posible hacer llegar lubricante a varios componentes diferentes. Para poder realizar esto, usualmente existe algún depósito de lubricante desde el cual por algún medio es impulsado el mismo a través de tuberías o conductos, medido y entregado en los componentes.

Es importante hacer notar que es posible tener un sistema centralizado sumamente simple, como por ejemplo un bloque de graseras conectadas con tuberías a diferentes componentes, en las cuales es aplicada cierta cantidad de grasa por una persona utilizando una engrasadora manual. En este caso, el

depósito y el sistema de bombeo de lubricante son la engrasadora, el lubricante es medido a través de la cantidad de bombazos que son aplicados por la persona y es entregado a los componentes a través de las tuberías existentes. Esto cumpliría con ser un sistema centralizado.

Por último, debe hacerse la separación entre sistemas centralizados de accionamiento manual y sistemas centralizados automáticos. En los primeros, normalmente es una persona la que decide en qué momento se realiza la lubricación, y en los segundos, existe algún dispositivo que se encarga de iniciar y finalizar el ciclo del sistema. Estos dispositivos pueden ser eléctricos, electrónicos o mecánicos.

Existen en la actualidad una gran cantidad de sistemas centralizados, ya sea manuales o automáticos. Afortunadamente es posible, gracias a las características de funcionamiento de cada uno, agruparlos en diferentes tipos.

#### **2.2.9.1. Sistema centralizado de lubricación provee:**

- Lubricante adecuado.
- En el punto adecuado.
- En el tiempo adecuado.
- En la cantidad adecuada.
- Con la limpieza adecuada.

#### **2.2.9.2. Razones porque utilizar un sistema centralizado**

- Reduce el tiempo de parada de la máquina.
- Purga de rodamientos.
- Previene las pérdidas de lubricantes.
- Reduce las horas hombre
- Reduce las frecuencias de reparaciones programadas.
- Reduce la contaminación del lubricante.
- Reduce el consumo de energía.

- Disminución de riesgos de accidentes.
- Asegura una mejor lubricación.

### **2.2.9.3. Principales Sistemas Centralizados**

A continuación se dará una descripción de los principales sistemas centralizados que pueden encontrarse en el mercado.

- Sistema de línea simple
- Sistema de línea doble
- Sistema progresivo
- Sistema de circulación de aceite
- Sistema para lubricación hidrostática
- Sistema para lubricación de cadenas
- Sistema de lubricación por aire comprimido

En caso de mi investigación nos basaremos específicamente del sistema de línea simple

#### **2.2.9.3.1. Sistema de línea simple**

##### **Componentes básicos**

Los componentes básicos que conforman un sistema de lubricación centralizado de línea simple son:

##### **Bomba**

Es el dispositivo por medio del cual el lubricante se envía desde el depósito principal hacia los puntos de lubricación. Además, proporciona al lubricante la presión necesaria para hacer funcionar los inyectores. Debido a que normalmente es necesario alcanzar presiones relativamente altas para accionar

los mismos (entre 500 y 3000 psi), la mayoría de estas bombas son de desplazamiento positivo.

Son varios los tipos de bomba que pueden ser utilizados en un sistema de lubricación centralizado del tipo paralelo de una línea, y se pueden clasificar básicamente en:

### **Bombas neumáticas**

Son aquellas que utilizan la energía almacenada en el aire comprimido para funcionar. Comúnmente constan de un cilindro neumático acoplado a un mecanismo recíprocante de bombeo que es el que hace contacto con el lubricante y le aplica presión al mismo. Las bombas neumáticas comúnmente se dividen en:

#### **Bombas de simple acción.**

Tienen la característica de alcanzar la presión de trabajo del sistema y desplazar la cantidad de lubricante requerida con un solo movimiento del cilindro neumático. Este tipo de bombas normalmente se utiliza en sistemas pequeños y medianos.

#### **Bombas recíprocantes.**

Poseen la capacidad de ir acumulando presión en el sistema, a medida que transcurre el tiempo que están en funcionamiento. La cantidad de lubricante que dispensan es la misma en cada movimiento del cilindro neumático. Normalmente se utilizan en sistemas de tamaño mediano y grande.

#### **Bombas hidráulicas:**

Son las que aprovechan un fluido hidráulico como medio de impulso. La diferencia básica entre estas bombas y las neumáticas consiste en que utilizan una bomba hidráulica en lugar del cilindro neumático, el resto del mecanismo de bombeo es similar.

También existen de simple acción y reciprocan tés.

### **Bombas eléctricas**

Este tipo de bombas son accionadas por un motor eléctrico, el cual generalmente está acoplado a algún tipo de pistón reciprocante que es el encargado de dar presión y movimiento al lubricante. Existen en variedad de voltajes, tanto monofásica como trifásica, así como de corriente alterna o directa.

### **Bombas manuales**

Como su nombre lo indica, son accionadas a mano, y normalmente son para sistemas de pequeña capacidad. Su principio de bombeo es básicamente similar al de las otras bombas, un pistón reciprocante que bombea el lubricante.

### **Sistemas de control**

Como su nombre lo indica, cuando un sistema de lubricación centralizado es automático, es necesario que de alguna forma se accione y se detenga el sistema a intervalos constantes sin que haya necesidad de la intervención de un operador.

Usualmente, esto se logra por medio de la instalación de un controlador automático que puede ser de tipo mecánico, eléctrico, neumático, hidráulico, o electrónico. Son varios los elementos que componen el controlador del sistema. Se irá describiendo cada uno de ellos con base en la función que deben realizar.

El primer paso dentro de un ciclo de lubricación automático es el arranque, en el cual es accionada la bomba del sistema con base en una señal.

Dependiendo del diseño del sistema, esta señal puede generarse a intervalos de tiempo, o debido a movimientos de un mecanismo, por ejemplo al pasar cierto eslabón de una cadena por un lugar específico.

Si es con base en intervalos de tiempo que se desea arrancar el sistema, es usual que se utilice un contador de tiempo para ello, el cual puede ser de tipo mecánico, eléctrico o electrónico. El intervalo de tiempo entre los arranques, conocido como tiempo de espera, se ajusta para cada contador dependiendo de su diseño y con base en el sistema en que se instala. Si la señal de arranque debe darse con base en movimientos de un mecanismo, puede utilizarse un contador de pulsos que recibirá a su vez señales de un sensor de pulsos que puede ser mecánico, electrónico, una fotocelda u otro.

Normalmente la señal de arranque es enviada a algún dispositivo que se encarga de darle energía a la bomba, como puede ser una válvula neumática, hidráulica, un arrancador eléctrico, etc.

Una vez que se ha dado la señal de arranque a la bomba, debe darse una señal de paro, la cual dependerá del diseño del sistema. Si se utiliza una bomba de simple efecto, normalmente se utilizará otro contador de tiempo ajustado a un intervalo muy corto, ya que este tipo de bomba levanta suficiente presión y envía suficiente caudal de lubricante para accionar los inyectores en un solo movimiento. A este tiempo se le conoce como tiempo de trabajo.

Si se utiliza una bomba eléctrica, dependiendo del diseño del sistema, también puede ser que se utilice un contador de tiempo para mantener encendida la bomba.

En el caso de las bombas reciprocan tés, normalmente la señal de paro para la bomba proviene de un presostato, o *switch* de presión, el cual envía una señal cuando la presión a la cual se ha ajustado se alcanza. Este presostato se instala en la tubería principal de distribución del lubricante y normalmente la presión a la cual se ajusta depende de su ubicación en la misma, ya que debe

garantizar que el inyector más alejado de la bomba alcance la presión necesaria para hacerlo ciclar, por lo que debe tenerse en cuenta la caída de presión que se tendrá entre el punto de ubicación del presostato y el inyector más alejado. Usualmente por facilidad de verificación e instalación, este presostato se instala al inicio de la línea. Como puede verse en este caso, la señal de paro para la bomba depende de la presión dentro del sistema, por lo que no existe un tiempo de trabajo fijo.

Es necesario dentro del sistema de control tener algunos parámetros que deben cumplirse, para poder establecer alarmas en caso de mal funcionamiento del sistema. Puede establecerse el tiempo normal que debe durar un ciclo de trabajo del sistema, añadirle un margen de error y establecer este como tiempo máximo de trabajo del sistema y monitorearlo instalando otro contador que se encarga de verificar el tiempo que dura la bomba funcionando. Se establece como alarma ya que si la bomba está funcionando por más tiempo que el establecido, puede haber algún problema. Este problema puede ser una fuga en la tubería principal, ya que al haber una fuga de cierto tamaño no se puede alcanzar la presión de trabajo del sistema y de seguir funcionando la bomba se estaría derramando el lubricante.

## **Depósitos**

La función del depósito de lubricante en un sistema de lubricación centralizado del tipo de una línea simple, es alimentar la bomba para que pueda surtir de lubricante a todos los puntos del sistema a través de los inyectores.

Normalmente se tienen depósitos con capacidades suficientes para surtir lubricante durante un intervalo de tiempo que sea conveniente.

Para algunas bombas, los fabricantes integran los depósitos en el cuerpo de las mismas, normalmente con capacidades ya establecidas y el diseñador del sistema debe escoger la capacidad que más se ajusta a sus necesidades. Por otro lado, existen otro tipo de bombas que utilizan como depósito de alimentación

los mismos contenedores de lubricante en los que normalmente éste se adquiere, de esta forma el diseñador posee mayor libertad en cuanto al intervalo de tiempo en que desea que se rellene el depósito.

En cuanto a los materiales de construcción de los depósitos, éstos pueden ser cualesquiera, siempre que cumplan con ser impermeables al lubricante y no poseer ningún tipo de reacción química al contacto con el lubricante que se desea suministrar.

### **Válvulas de alivio**

Las válvulas de alivio funcionan básicamente como una válvula de tres vías, permitiendo el paso de lubricante desde la bomba hacia los inyectores, y luego desde los inyectores hacia el depósito de lubricante.

Debido a que es necesario suministrar lubricante para generar suficiente presión para accionar los inyectores, la tubería que va desde la bomba hacia los inyectores también se expande, absorbiendo cierto volumen de lubricante. Este lubricante no se entrega a los puntos, y se hace necesario liberar esta presión del sistema para que los inyectores estén listos para un nuevo ciclo de lubricación. Esto provoca que el lubricante que ocupó el espacio correspondiente a la expansión de la tubería regrese y sea necesario devolverlo al depósito.

Existen diferentes tipos de válvulas de alivio que se utilizan en estos sistemas. En algunos casos, la función de la válvula de alivio es realizada dentro de la misma bomba, sobre todo en las bombas del tipo de simple acción, ya que al retornar el cilindro que impulsa el lubricante a su posición original, deja abierto un paso entre la tubería y el depósito de lubricante. En otros casos, la válvula es un dispositivo separado completamente, funcionando por medios neumáticos, hidráulicos o eléctricos. Para estos casos, la válvula normalmente posee una tubería de retorno al depósito totalmente separada de la tubería principal de abastecimiento.

## Inyectores

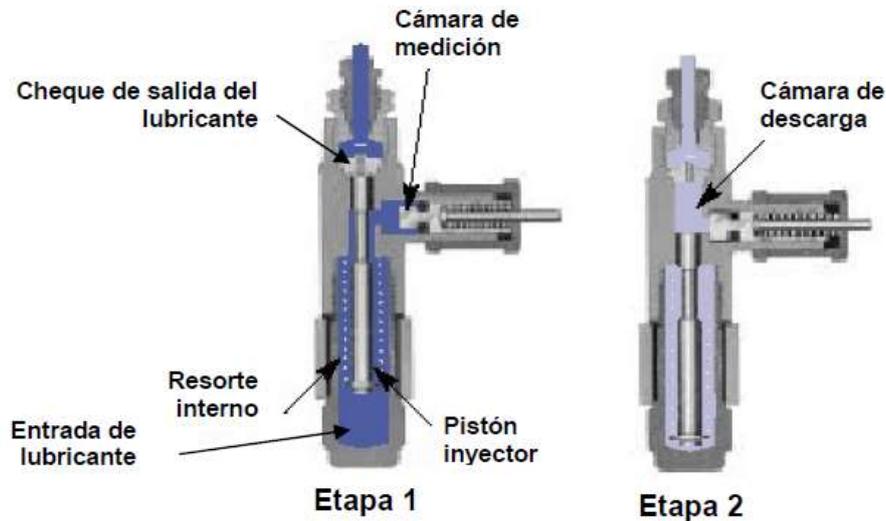
Los dispositivos encargados de medir la cantidad de lubricante que se entrega a los puntos en un sistema de lubricación centralizado de línea simple son conocidos comúnmente como inyectores, aunque la presión a la que dispensan el lubricante es muy baja.

Los inyectores para este tipo de sistema, pueden ser divididos en dos grandes grupos: inyectores para aceite e inyectores para grasa. Sin embargo, la diferencia entre unos y otros se centra en la presión de trabajo y en algunos casos los sellos que poseen. El principio de trabajo y la forma de funcionamiento es la misma para ambos tipos.

Para cada uno de estos dos grupos, existe una subdivisión en los inyectores basada en el volumen de lubricante que son capaces de entregar, de esta forma se tienen inyectores de baja, mediana y alta capacidad. Los de baja capacidad son capaces de entregar volúmenes de lubricante entre 0.001 y 0.008 pulgadas cúbicas, los de mediana capacidad entre 0.008 y 0.080 pulgadas cúbicas, y los de gran capacidad entre 0.050 y 0.5 pulgadas cúbicas. Todos los inyectores poseen un mecanismo de regulación, con el cual se ajusta la cantidad de lubricante que dispensan dentro del rango para el cual están capacitados.

El principio de funcionamiento básico de estos inyectores está basado en la presión. Al inicio del ciclo, los inyectores reciben lubricante y un resorte interno comienza a ser comprimido hasta que se alcanza la presión de trabajo del inyector, moviendo el pistón inyector de forma que se deja libre el paso de lubricante hacia la cámara de medición. Esta presión varía dependiendo del tipo de inyector que sea. Al mismo tiempo que el lubricante llena la cámara de medición, fuerza al pistón inyector a empujar el lubricante que se encontraba en la cámara de descarga, producto de un ciclo anterior. Este momento es el que puede verse en la etapa 1 de la figura 5.

**Figura 5. Etapas de funcionamiento de un inyector de Línea Simple**



Fuente:( Quick de accesorios de Lincoln)

Cuando se ha vaciado todo el lubricante de la cámara de descarga, y por consiguiente la cámara de medición está llena, el movimiento se detiene y no entra más lubricante al inyector. Cuando esto sucede en todos los inyectores del sistema, la tubería principal de distribución del lubricante empieza a acumular presión hasta el valor que se ha fijado en el *switch* de presión, en ese momento la bomba se detiene y la válvula de alivio abre el paso de retorno del lubricante al depósito. En este momento, que se observa como la etapa 2 en la figura 5, el pistón y el resorte dentro del inyector vuelven a su posición original, dejando libre el paso de lubricante desde la cámara de medición hacia la cámara de descarga, el cheque de salida de lubricante cierra el paso desde la línea de entrega al punto hacia el inyector, con lo cual el inyector queda listo para un nuevo ciclo.

## 2.3. MARCO CONCEPTUAL

### **Glosario**

#### **Centistoke**

Unidad de medida de uso común para expresar viscosidad cinemática de un fluido, la centésima parte de un *Stoke*.

#### **Bombazo**

Término con el que se conoce al accionamiento unitario de una engrasadora.

#### **Bujes**

Término con el que se conoce comúnmente a los cojinetes deslizantes de 360°.

#### **Encolado**

Acción de aplicar cola o pegamento a algo.

#### **Engrasadora**

Dispositivo común en la industria para aplicación de grasa, se acciona normalmente de manera manual al mover una palanca y empujar grasa a través de un acople hidráulico.

#### **Ni ple**

Término que se utiliza para designar un tramo corto de tubería, o también parte de un acople hidráulico.

#### **NLGI**

Instituto nacional de grasa lubricante, es el organismo que norma las características de dureza de una grasa.

**Picos**

Áreas que sobresalen por encima del nivel promedio en una superficie irregular.

**Temporizador**

Dispositivo electrónico utilizado para realizar un conteo de tiempo usualmente empleado para accionar otros mecanismos.

**Valles**

Áreas que están por debajo del nivel promedio en una superficie irregular.

**Válvula solenoide**

Válvula que poseen una bobina eléctrica cuya función es cerrar o abrir la válvula al recibir una corriente eléctrica.

**Switch**

Interruptor que puede ser accionado por diferentes formas de energía.

## **CAPÍTULO III**

### **DISEÑO/DESCRIPCIÓN DE LA HERRAMIENTA / MODELO / SISTEMA**

#### **3.1. ANÁLISIS DEL MODELO/HERRAMIENTA/SISTEMA**

##### **3.1.1. Diseño de un sistema de lubricación centralizado en el sistema Tratador Corona –Línea Coating**

Se escogió el sistema de línea simple como el sistema de lubricación centralizado que se utilizará por varias razones. Algunas de ellas fueron descritas como ventajas que posee este tipo de sistema en el capítulo referente a él, aunque una razón importante fue la existencia de un proveedor local de componentes y repuestas, específicamente de la marca Lincoln. Este fabricante posee un procedimiento para el diseño de sus sistemas tipo línea simple, el cual no dista mucho del de otros fabricantes. Sin embargo, por razones de uniformidad de factores y evitar cualquier necesidad de modificaciones a componentes, se decidió utilizar este procedimiento.

Se tienen básicamente diez pasos por seguir para completar el diseño, los cuales son:

### 3.1.2. Obtención de datos de campo

En este paso se toman datos físicos de cada punto por lubricar, como Velocidad con que trabaja, Temperatura, diámetro, largo, ancho, altura, si es fijo o móvil, cantidad de entradas de lubricante que posee, etc. También se hace un croquis de la máquina, se ubican en él los puntos, se toman medidas de la misma, se observa el lugar en que está situada para poder buscar posibles puntos de instalación de la bomba e inyectores, facilidad de obtención de energía, voltaje, presión de aire, acceso a la misma, etc.

### 3.1.2. Cálculo de requerimientos por punto

Es necesario saber cuánto lubricante requiere cada punto que se lubricará por medio del sistema. Para esto, normalmente se considera que la cantidad ideal es aquella que el componente requiera dependiendo del área de contacto que posea.

El área es calculada mediante fórmulas que son dadas para cada tipo de componente, los cuales son:

Rodamientos planos,  $A=3.14159 * \text{diámetro de eje} * \text{largo del cojinete}$

Guías,  $A=\text{largo} * \text{ancho}$

Rodamientos antifricción,  $A= (\text{diámetro del eje})^2 * \text{número de hileras}$

Cadenas,  $A= (3 * \text{diámetro del sprocket conductor} * \text{ancho de la cadena}) + (0.1 * \text{largo total de la cadena} * \text{ancho de la cadena})$

Engranajes,  $A= (3.14159)^2 * \text{diámetro de paso} * \text{ancho de la cara del diente}$

Cremalleras,  $A = 17.47 * \text{diámetro de paso} * \text{ancho de la cara del diente}$

Tornillos sinfín,  $A = (\text{diámetro de paso del tornillo} + \text{diámetro de paso de la corona}) * \text{largo del tornillo en contacto con la corona}$ .

Las dimensiones de los componentes deben ser dadas en pulgadas.

Luego que se tiene el área, se multiplica por un factor de película que recomienda Lincoln, el cual es de 0.008" cada ocho horas para lubricación con aceite y 0.002" cada ocho horas para lubricación con grasa. Este factor está dado como una recomendación y es usualmente adecuado, aunque el diseñador puede aumentarlo basándose en factores como cargas de impacto, altas temperaturas, contaminación, lavado con agua, etc. Debe determinarse el volumen necesario en cada entrada de lubricante que posea el componente, con el objeto de escoger correctamente el tamaño de inyector que se instalará por entrada.

Para calcular la cantidad de grasa que se debe usar, también hay software lo cual nos hace más fácil con solo saber los parámetros del equipo, el software actualmente es muy usada porque calcula las frecuencias de re lubricación en horas.

### **3.1.3. Programa de cálculo de re lubricación Dial Set 4.0**

#### **Para un cálculo preciso de los intervalos de re lubricación**

Dial Set es un programa de cálculo que determina con facilidad los intervalos de re lubricación. Tras seleccionar los criterios y la grasa adecuados para su aplicación, el programa le proporciona los ajustes correctos para sus lubricadores automáticos SKF.

Seleccionando las condiciones de funcionamiento de su aplicación, eje vertical, rotación del aro exterior y cargas de choque, permite un cálculo preciso de los intervalos de re lubricación.

- Los cálculos están basados en las teorías de lubricación de SKF.
- Los intervalos de re lubricación calculados dependen de las propiedades de la grasa seleccionada, con lo que se reduce el riesgo de lubricar en exceso o defecto, y se optimiza el consumo de grasa.
- Los cálculos están basados en las tasas de suministro de grasa de los sistemas de lubricación automática SKF, lo que permite una correcta configuración del lubricador automático.
- La cantidad de grasa recomendada para un óptimo consumo depende del lugar de rellenado del rodamiento: lateral o por la ranura W33\*.
- Incluye una lista completa de accesorios de la familia SKF SYSTEM 24.

Figura 6. Programa de cálculo de re lubricación Dial Set 4.0

The screenshot shows the SKF DialSet software interface. The main window is titled "SKF DialSet" and has a menu bar with "Options", "Print", "Language", and "About". Below the menu bar are tabs for "Dial Setting", "Dispense Rate", "Operating Conditions", "Calculations", "Selection Chart", and "Accessories".

The "Dial Setting" tab is active and contains several sections:

- Bearing Basics:** Dimensions (d: 100 mm, D: 180 mm, B: 100 mm), Type (SRB/CRB/CARB selected), Grease (Unspecified selected), and Lubricator (LAGD 125 selected).
- Operating Conditions:** n - Speed (2000 rpm), Op hrs/day (24 hrs), Bearing Operating Temperature (Low: 47 to 63 °C selected), Contamination/Moisture (Moderate selected), Load (Moderate), Shock Load (Yes), Ambient Temperature (Average), Shaft orientation (Vertical), Replenishment (Through W33 groove), and Rotating Outer Ring (Yes).
- Results:** A red box highlights the "Results" section, which includes:
  - I-relub - Relub Interval: [ ] hrs
  - I-relub - Corrected Interval: [ ] hrs
  - Gp - Grease Quantity: [ ] g
  - Qf - Feed rate: [ ] g/ day
- Dial Setting SYSTEM 24 LAGD 125:** A large blue box displays the number "10".
- Language:** A dropdown menu shows "電氣駕駛的防噴管自動- 電動噴嘴系統" and "Электрический".

The SKF logo is visible in the bottom right corner.

Fuente: (catálogo de SKF)

### 3.1.4. Cálculo de frecuencia del ciclo y selección de inyector

Como se ha visto, es más eficiente dispensar pequeñas cantidades de lubricante en frecuencias más cortas. Esto permite además, la posibilidad de utilizar inyector de menor capacidad y por lo tanto, más económicos.

Para calcular la frecuencia con que se realizarán los ciclos de lubricación, es necesario dividir el volumen más pequeño de los que se calcularon para cada componente dentro de 0.001. Si este cociente excede a 96 para un sistema de grasa o a 480 para uno de aceite, es necesario repetir esta operación utilizando un valor de 0.002 en el divisor. Debe repetirse esta división utilizando incrementos de 0.001 en el divisor, hasta que el cociente sea menor a los valores de 96 ó 480 que se mencionaron.

Este cociente representa el número de ciclos requeridos durante ocho horas para todos los componentes lubricados por el sistema. A continuación, se compara la cantidad de lubricante requerida por cada componente con el volumen que es capaz de entregar cada tipo de inyector. Estos valores pueden verse en la tabla 4.

**Tabla 4. Volumen de entrega para inyector Lincoln tipo SL**

Volumen mínimo	Volumen máximo	Inyector de grasa	Inyector de aceite
0.001	0.003	SL-33	SL-42
0.001	0.008	SL-32	SL-43
0.008	0.08	SL-1	SL-41
0.05	0.5	SL-11	No existe

El volumen está expresado en pulgadas cúbicas.

Fuente:(Catalogo de Lub. Centralizado de Lincoln)

Se selecciona el inyector cuyo volumen de entrega satisfaga las necesidades del punto, o en caso de que las necesidades sean mayores que las capacidades de los inyectores, es posible conectar dos o más inyectores hacia un solo punto.

### 3.1.5. Cálculo del lubricante requerido por funcionamiento de los inyectores

Debido a la forma de funcionamiento de los inyectores de este tipo de sistema, estos dispensan lubricante y se recargan en cada ciclo. Una cantidad adicional de lubricante es requerida para hacer funcionar el inyector, la cual regresa al depósito cuando el sistema despresuriza la línea principal. Sin embargo, es necesario tomarla en cuenta debido a que debe suministrarse este volumen adicional en cada ciclo. En la tabla V se muestra la cantidad necesaria para hacer funcionar cada tipo de inyector.

**Tabla 5. Volumen requerido por inyectores Lincoln SL para ciclar**

Inyector	Volumen
SL-33, SL-42	0.00875
SL-32, SL-43	0.0175
SL-1, SL-41	0.1
SL-11	0.6

El volumen está expresado en pulgadas cúbicas.  
Fuente:(Catalogo de Lub. Centralizado de Lincoln)

Luego de encontrarse cuál es la cantidad requerida por inyector, debe multiplicarse la cantidad de inyectores que se tiene de cada tipo por su correspondiente valor y totalizarlo.

### 3.1.6. Selección de la línea principal

Es importante que la línea principal de distribución de lubricante sea calculada de tal forma que permita el alivio de presión que necesita el sistema para quedar listo para otro ciclo. Generalmente, esto dependerá del largo de la línea, así como la viscosidad o consistencia del lubricante.

Es recomendable utilizar tubería de acero sin costura del tipo hidráulico para esta línea debido a las presiones que se manejan. No se recomienda el uso de tubería de cobre. Debe tratarse que el tendido de esta tubería sea lo más práctico y corto posible, esto traerá además una instalación más económica. El uso de líneas muy largas, requiere del uso de diámetros mayores y consume mucho lubricante por el concepto de expansión que se mencionó anteriormente.

Existen algunas reglas para realizar instalaciones en máquinas múltiples, que son de gran utilidad:

- a. Utilice la misma medida de tubería para la línea principal tanto como sea posible, excepto en derivaciones en las que se haga totalmente necesario utilizar otra medida.
- b. Para una máquina en específico, las líneas de distribución entre inyectores deben ser de la medida que el inyector especifica para la entrada de lubricante.
- c. Tratar de agrupar inyectores cuando sea posible, y cada grupo posea una derivación propia de la línea principal.
- d. Las líneas de distribución deben poseer soportes adecuados, no quedar sueltas o inseguras. Los soportes deben permitir expansión en la tubería o aislarla de vibración, altas o bajas temperaturas, etc.

Con estos aspectos en mente, debe realizarse un esquema de la instalación, y anote los largos de cada tramo, para así obtener el largo total de la instalación, así como el punto más alejado de la bomba.

Con la distancia hacia el punto más alejado y dependiendo de la consistencia de la grasa por utilizar o si se utilizará aceite, debe buscarse en la tabla VI el diámetro de tubería que se utilizará.

**Tabla 6. Largos máximos para la línea principal**

Tubing O.D. (Acero)	Espesor mín. de pared	Largo máximo (pies)			
		Grasa NLGI 0	Grasa NLGI 1	Grasa NLGI 2	Aceite
1/4 "	0.028"				75
3/8 "	0.028"	50	25		150
1/2 "	0.049"	75	40	25	225
5/8 "	0.049"	125	70	40	300
3/4 "	0.065"	175	100	60	375
1 "	0.083"	350	175	100	525
1 1/4 "	0.134"	475	250	150	
2 "	0.220"	1000	600	375	
Tubería	Cédula				
1/8 "	40				75
1/4 "	40	40	25		150
3/8 "	40	80	40	25	225
1/2 "	40	125	70	40	300
3/4 "	80	175	90	60	375
1 "	80	300	175	100	525
1 1/4 "	80	525	275	170	
1 1/2 "	80	750	375	250	
2 "	160	1000	475	300	
Nota: para sistemas utilizando aceite, se ha considerado una temperatura del lubricante de 18°C, para temperaturas más bajas, utilice el siguiente diámetro mayor.					

Fuente: Compañía Administradora del Monopolio del Petróleo  
Sociedad Anónima (CAMPSA)

Por ejemplo si el largo del ramal más largo es de 160 pies, utilizando grasa NLGI 0, debemos utilizar tubería de acero de 3/4" de diámetro, ya que el de 1/2", nos permite un máximo de 125 pies.

Sin embargo, en este punto debe tomarse en cuenta el hecho de es posible que el ramal más largo puede a su vez tener cambios de diámetro debido a las exigencias de los inyectores, ya que por razones económicas y de facilidad de instalación, en ocasiones no toda la línea principal posee el mismo diámetro

y se reduce exactamente en la entrada del inyector, sino que se tienen tramos de tubería principal de menor diámetro.

Si por ejemplo se necesita tener un bloque de inyectores SL-1, el cual tiene una entrada de lubricante de 3/8" nuestra línea principal debe tener una parte de tubería de 3/8".

Debido a que existe una pérdida de presión en las tuberías que es mayor mientras más pequeño es el diámetro de la misma, para el cálculo del ramal más largo de tubería se tendrá que convertir ese tramo de 3/8" a su equivalente de 3/4".

Se asumirá que dicho tramo de 3/8" es de 5 pies y teniendo siempre en mente que se utilizará el lubricante NLGI 0, se obtiene de las siguientes tablas el valor correspondiente.

**Tabla 7. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 0**

Grasa NLGI 0									
Diámetro		Tubería "A"							
		¼	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Tubería "B"	1/4	1	0.5	0.32	0.23	0.13	0.076	0.053	0.04
	3/8	2	1	0.67	0.44	0.27	0.15	0.107	0.08
	1/2	3.125	1.5	1	0.73	0.4	0.24	0.17	0.125
	3/4	4.375	2.25	1.375	1	0.57	0.33	0.24	0.17
	1	7.5	3.75	2.5	1.75	1	0.57	0.4	0.3
	1 ¼	13.125	6.5	4.25	3	1.75	1	0.67	0.5
	1 ½	18.75	9.375	6	4.25	2.5	1.5	1	0.73
	2	25	12.5	8	5.75	3.375	2	1.375	1

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

**Tabla 8. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 1**

Grasa NLGI 1									
Diámetro		Tubería "A"							
		¼	3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Tubería "B"	¼	1	0.63	0.36	0.28	0.14	0.09	0.07	0.05
	3/8	1.625	1	0.57	0.44	0.23	0.15	0.11	0.08
	½	2.875	1.75	1	0.8	0.4	0.26	0.19	0.15
	¾	3.625	2.25	1.25	1	0.5	0.33	0.24	0.19
	1	7	4.375	2.5	2	1	0.67	0.47	0.36
	1 ¼	11	6.875	3.875	3	1.5	1	0.73	0.57
	1 ½	15	9.375	5.25	4.125	2.125	1.375	1	0.8
	2	19	11.875	6.75	5.25	2.75	1.75	1.25	1

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

**Tabla 9. Equivalencias de tuberías para grasa NLGI 2**

Grasa NLGI 2								
Diámetro		Tubería "A"						
		3/8	1/2	3/4	1	1 1/4	1 1/2	2
Tubería "B"	3/8	1	0.62	0.42	0.25	0.15	0.1	0.08
	1/2	1.625	1	0.67	0.4	0.24	0.16	0.13
	3/4	2.375	1.5	1	0.62	0.35	0.24	0.2
	1	4	2.5	1.625	1	0.57	0.4	0.33
	1 ¼	6.875	4.25	2.875	1.75	1	0.67	0.57
	1 ½	10	6.25	4.125	2.5	1.5	1	0.83
	2	12	7.5	5	3	1.75	1.25	1

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

Como puede observarse en la tabla IV, el largo equivalente de 5 pies de tubería de 3/8" usando grasa NLGI 0, es de: 5 pies X 2.25 = 11.25 pies. Así, el largo total que debe tomarse en consideración es de 160+11.25= 171.25 pies de tubería de 3/4", largo que todavía es permisible para este diámetro.

### 3.1.7. Determinación del lubricante requerido para compensar expansión de la línea principal

Ya que la línea principal de lubricante, ya sea tubería o manguera, se expande cuando el sistema alcanza la presión de trabajo, cierta cantidad de lubricante ocupa este espacio adicional en la línea.

Es necesario que se tome en cuenta ya que será lubricante que la bomba deberá suministrar cada vez que se realice un ciclo. Debe tenerse claro el concepto de que este lubricante no llegará a los puntos finales, sino que solamente se suministrará a la línea principal, pero retornará al depósito al momento del alivio de presión.

La cantidad de lubricante requerida por expansión se obtiene de la tabla X, con base en el diámetro de la tubería o tubing, y al lubricante que se va a utilizar (aceite o grasa).

**Tabla 10. Cantidad de lubricante requerido por expansión de tubería**

Diámetro exterior tubing (Pulg.)	Espesor mínimo de pared	Factor de expansión (Pulg <sup>3</sup> )	
		Grasa	Aceite
1/4	0.028	0.0025	0.0009
3/8	0.028	0.007	0.00256
1/2	0.049	0.010	0.004
5/8	0.049	0.017	0.0072
3/4	0.065	0.025	0.0096
1	0.083	0.045	
1 1/4	0.134	0.060	
2	0.220	0.150	

**Tabla 11. Cantidad de lubricante requerido por expansión de Tubería**

Diámetro tubería (Pulg.)	Cédula	Factor de expansión Pulg <sup>3</sup>	
		Grasa	Aceite
1/4	40	0.1	0.004
3/8	40	0.017	0.0072
1/2	40	0.025	0.0096
3/4	80	0.035	
1	80	0.060	
1 1/4	80	0.105	
1 1/2	80	0.145	
2	160	0.184	

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

Esta tabla provee un factor que debe ser multiplicado por el largo total de cada sección que use el mismo diámetro, y luego la suma de todos los valores para cada sección distinta dará el total de lubricante adicional que debe entregar la bomba por expansión.

Es de hacer notar que si se utiliza manguera para la línea principal, debido a que esta puede expandirse hasta veinte veces más que la tubería, debe utilizarse el valor del diámetro interno de la manguera como el valor del diámetro de la tubería en esta tabla y el factor que se obtenga debe multiplicarse por 20 para obtener la cantidad de lubricante adicional que debe entregar la bomba por ciclo.

### 3.1.8. Cálculo del largo de la tubería de entrega a los puntos

Utilizando el esquema de instalación que se realizó anteriormente, determine el largo de la línea necesaria para entregar lubricante desde cada inyector con su correspondiente punto de lubricación. Deben compararse los largos con la tabla VIII y seleccionarse el diámetro adecuado para la distancia.

**Tabla 12. Largo máximo para líneas de entrega a puntos**

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

Tubing O.D. (Acero)	Espesor min. de pared	Largo máximo (pies)								
		Lubricante	Grasa NLGI 0				Grasa NLGI 1			
		Inyector	SL-33	SL-32	SL-1	SL-11	L-33	SL-32	SL-1	SL-11
1/8 "	0.020"		20	16	4		2	10	3	
1/4 "	0.028"				35	38			17	25
3/8 "	0.028"				64	75			26	45
Tubería	Cédula									
1/8 "	40					62				35
1/4 "	40					120				60
Tubing O.D. (Acero)	Espesor min. de pared	Largo máximo (pies)								
		Lubricante	Grasa NLGI 2				Aceite			
		Inyector	SL-33	SL-32	SL-1	SL-11	SL-41	SL-42	L-43	SL-44
1/8 "	0.020"		6.5	5	1.5		25			
1/4 "	0.028"				8	13	100			
3/8 "	0.028"				16	20				
Tubería	Cédula									
1/8 "	40					20				62
1/4 "	40					30				120

### 3.1.8 Selección de la bomba

La selección de la bomba depende básicamente de la cantidad de lubricante que se necesita entregar al sistema y la fuente de energía que se tiene disponible (electricidad, aire comprimido o fluido hidráulico).

Usualmente para sistemas que requieren 2.4 pulgadas cúbicas o menos de aceite, o 2.15 pulgadas cúbicas o menos de grasa, es usual utilizar bombas del tipo llamado de simple acción, en las cuales todo el lubricante requerido para accionar el sistema completo es entregado en un solo movimiento de la bomba.

Cuando se tiene necesidad de entregar más lubricante al sistema, normalmente se utilizan bombas del tipo recíprocas, las cuales son capaces

de dar varios movimientos continuos, de tal forma de que pueden entregar mayor cantidad de grasa.

En la tabla 13 se dan algunos datos de las bombas más comúnmente utilizadas, tanto de simple acción como reciprocan tés.

**Tabla 13. Volumen de entrega para algunas bombas Lincoln**

Bomba Lincoln	Lubricante	Descripción	Volumen de descarga
82886	Grasa	Simple acción, neumática, retorno por resorte, depósito de 30 pulg3.	0.450 pulg3 por ciclo.
83834	Grasa	Simple acción, neumática, retorno neumático, depósito de 120 pulg3.	2.150 pulg3 por ciclo.
82885	Aceite	Simple acción, neumática, retorno por resorte, depósito de 36 pulg3.	0.450 pulg3 por ciclo.
82570	Aceite	Simple acción, neumática, retorno neumático, depósito de 123 pulg3.	2.400 pulg3 por ciclo.
82050	Grasa	Reciprocante, neumática, depósito 15 galones.	30 pulg3 a 75 ciclos por min. (100 psig)
2004	Grasa	Reciprocante, neumática, depósito 55 galones.	161 pulg3 a 75 ciclos por min. (100 psig)
2002	Aceite	Reciprocante, neumática, depósito 55 galones.	462 pulg3 a 75 ciclos por min. (100 psig)

Fuente: (Manual del sistema centralizado Lincoln)

N° de modelo	Descripción	Capacidad del depósito	Grasa o aceite	Control de bajo nivel	Tablero de circuitos impresos
644-46073-5	P203-2XNBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	Sí
644-46173-4	P203-4XNBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	Sí
644-46173-5	P203-4YLBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Sí	Sí
644-46073-6	P203-2XNBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	No
644-46173-6	P203-4XLBO-1K6-AC-2A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	Sí	No
644-46173-8	P203-4YLBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Sí	No
644-46173-7	P203-4XNBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	No
644-46174-2	P203-8XLBO-1K6-AC-2A1.01-V10 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Sí	Sí
644-46073-4	P203-8XLBO-1K6-AC-2A1.01 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Sí	No

Nota: para el caso de las bombas reciprocan tés, se da el valor de presión neumática al cual son capaces de entregar ese flujo de lubricante.

### **3.1.10. Selección del sistema de control**

El sistema de control normalmente depende de la complejidad o precisión que se desee tener. En ocasiones, es posible obtener una parte o todo el sistema de control junto con la bomba que se utilice, ya que se pueden adquirir como paquete.

Otro factor que debe tomarse en cuenta es el económico, ya que puede ser posible que tener un sistema de control muy sofisticado no justifique los beneficios del mismo.

Lo más común es contar con al menos un temporizador o algún dispositivo que envíe la señal de arranque (también puede dar la señal de paro en el caso de los sistemas con bombas de simple acción), un dispositivo que de la señal de paro (un *switch* de presión, un *switch* de límite colocado en un inyector, un *switch* de flujo, etc), y un sistema de alarma (que puede estar conectada al temporizador, al *switch* de presión, de flujo u otro dispositivo).

### **3.1.11. Determinación del uso de accesorios**

Es usual añadir algunos accesorios en las instalaciones que aunque no son indispensable, son útiles para realizar chequeos en el sistema o mantenerlo operando en mejores condiciones. El uso de estos accesorios dependerá de las necesidades del diseñador.

Los accesorios incluyen manómetros de presión en la línea principal, válvulas de cierre de emergencia, en el caso de bombas neumáticas, cobertores para proteger los inyectores del ambiente, elevadores neumáticos de bombas (para facilitar el cambio de toneles de lubricante por ejemplo), etc.

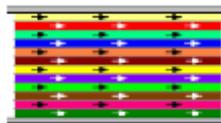
### 3.1.12. Diseño de un sistema de tuberías considerando la presión, pérdidas por fricción.

Para el diseño del sistema de tuberías debemos conocer y saber el concepto claro de los tipos de flujo que existen.

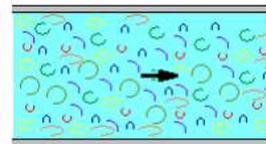
**Flujo laminar:** las partículas se mueven en direcciones paralelas formando capas o láminas, el fluido es uniforme y regular. La viscosidad domina el movimiento del fluido, donde

$\tau$  es el cortante, ( $=F / A$ )  
 $\mu$  es la viscosidad dinámica (Pa s)

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy}$$



**Flujo turbulento** las partículas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones; es imposible conocer la trayectoria individual de cada partícula



La caracterización del movimiento debe considerar los efectos de la viscosidad ( $\mu$ ) y de la turbulencia ( $\eta$ ); se hace con:

$$\tau = (\mu + n) \frac{dv}{dy} \quad n \text{ depende de } p \text{ y del movimiento}$$

$$0 \leq n \leq 10.000u =$$

Circular radio $R$	$D_H = \frac{\pi R^2}{2 \pi R} = \frac{R}{2}$	$L_C = 4 \frac{R}{2} = 2R = D$	
Cuadrado lado $L$ :	$D_H = \frac{L^2}{4L} = \frac{L}{4}$	$L_C = 4 \frac{L}{4} = L$	
Rectángulo lados $a$ y $b$	$D_H = \frac{a b}{2(a+b)}$	$L_C = \frac{2 a b}{(a+b)}$	
Sección circular $r_i$ y $r_e$	$D_H = \frac{\pi (r_e^2 - r_i^2)}{2 \pi (r_i + r_e)} = \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2 (r_i + r_e)}$	$L_C = \frac{2 (r_e^2 - r_i^2)}{(r_i + r_e)}$	

En conductos:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } Re < 2.000 \text{ flujo laminar} \\ \text{Si } Re > 4.000 \text{ flujo turbulento} \end{array} \right.$   $Re_{\text{Crítico}} = 2.000 \Rightarrow V_{\text{Crítica}}$

## Pérdidas de energía por fricción

Se diseña la cañería de impulsión para soportar los caudales requeridos, de manera de conseguir una presión máxima aceptable estableciendo un flujo de grasa de velocidad menor al límite recomendado en la tabla anterior.

Conociendo las formulas mencionadas sobre los flujos se calculan las tuberías y perdidas por fricción, Por lo tanto se diseñó en el Excel ingresando las formulas necesarias que se requieren para su cálculo, como se muestra en la imagen.

**PROBLEMA - A:** Conocido el tubo y la velocidad  
obtener las pérdidas de carga y el caudal

**PROBLEMA - B:** Conocido el tubo y el caudal  
obtener las pérdidas de carga y la velocidad

Seleccionar tipo de problema: TIPO - A (seleccionado) / TIPO - B

Material: ACERO (seleccionado) / PB / PVC

Temperatura: 60°C / 80°C (seleccionado) / 90°C / 100°C

Diámetro exterior = 6.35 mm    Espesor = 0.028 mm

Diámetro interior = 6.294 mm

**PROBLEMA - A:**      **PROBLEMA - B:**

Velocidad = 894 m/s      Caudal = 0.83 l/s

Caudal = 27.82 l/s      Velocidad = ----- m/s

**Pérdida de carga = 0.19045 m.c.a/m**

**PROBLEMA - A:** Conocido el tubo y la velocidad  
obtener las pérdidas de carga y el caudal

**PROBLEMA - B:** Conocido el tubo y el caudal  
obtener las pérdidas de carga y la velocidad

Seleccionar tipo de problema: TIPO - A / TIPO - B (seleccionado)

Material: ACERO (seleccionado) / PB / PVC

Temperatura: 60°C / 80°C (seleccionado) / 90°C / 100°C

Diámetro exterior = 6.35 mm    Espesor = 0.028 mm

Diámetro interior = 6.294 mm

**PROBLEMA - A:**      **PROBLEMA - B:**

Velocidad = 894 m/s      Caudal = 27.82 l/s

Caudal = ----- l/s      Velocidad = 894.16 m/s

**Pérdida de carga = 0.19045 m.c.a/m**

El cálculo depende mucho del caudal y la velocidad de la grasa, también depende del tipo de tubería y material. Con el cuadro se diseñó las tuberías.

## **3.2. CONSTRUCCIÓN, DISEÑO O SIMULACIÓN DE LA HERRAMIENTA / MODELO / SISTEMA**

### **3.2.1. Operación del sistema**

El funcionamiento de la bomba se pone en marcha en un intervalo de tiempo de la unidad de control. El lubricante es bombeado en un sistema cerrado para darle continuidad y a lo largo del sistema principal a los inyectores, cuando es requerido por la unidad de control.

El lubricante en la cámara de descarga del inyector es descargado a los puntos de engrase.

El movimiento del distribuidor en el inyector permite medir el ingreso justo de lubricante a la cámara.

Después que todos los inyectores se descargan, el sistema aumenta su presión.

Por caída de presión del lubricante en la bomba se cierra el interruptor automático y se abre la válvula auxiliar para disminuir la presión de retorno (contrapresión) en el reservorio.

### **3.2.2. Mejoras propuestas a la situación actual de la máquina, por medio del uso de un sistema de lubricación centralizado.**

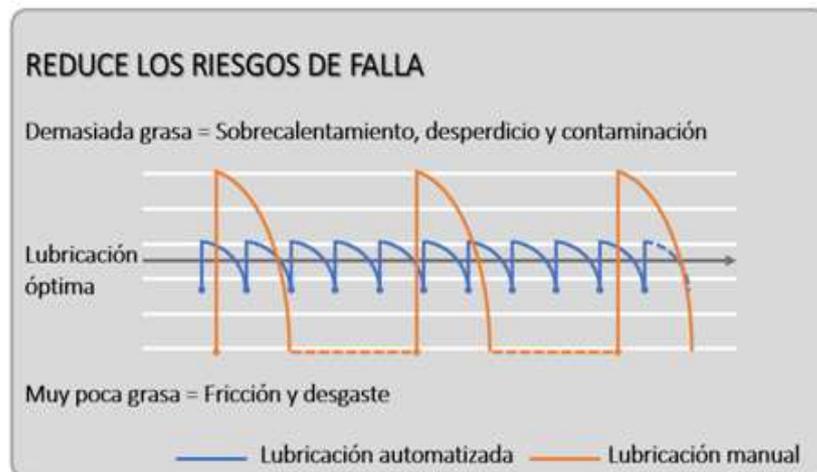
La propuesta de este sistema es para mejorar el mantenimiento Preventivo relacionado con la lubricación de componentes mecánicos. De esta cuenta, se observó que debido a las características de operación de la máquina Línea Coating, la lubricación de Rodillos de los tratadores Corona era la actividad de mantenimiento preventivo que se debiera realizar con la frecuencia más corta debido al tipo de trabajo a que están sometidas los rodillos.

Debe tomarse en cuenta que los rodillos de tratadores corona trabajan a altas temperatura, es precisamente por eso no es accesible para el lubricador realizar su trabajo, tiene que realizar en maquina parada.

Basados en esta situación, se propuso reducir el intervalo de lubricación y la cantidad de grasa que se aplica a los rodillos. Esto reduciría las altas temperaturas y el deterioro prematuro de los rodamientos. Al mismo tiempo, esto provocaría que la película de grasa dentro de los rodillos fuera más uniforme y constante.

Para poder obtener una lubricación de este tipo sin necesidad de detener la producción, se optó por utilizar un sistema automático de lubricación, que permitiera intervalos cortos de re lubricación y la aplicación de pequeñas cantidades de grasa.

**Figura 7. Volumen de lubricante frente a intervalo de re lubricación.**



Fuente: (Catalogo de SKF)

La figura 7 sirve para ejemplificar lo que sucede cuando se re lubrica manualmente. Puede verse que se aplica mucha mayor cantidad de lubricante que la teóricamente necesaria, y el componente pasa mucho tiempo sobre lubricado o falta de lubricante (condiciones ambas indeseables) hasta que vuelve a aplicarse lubricante. En cambio, con el sistema automático se aplica un poco más de la cantidad teórica que se necesita a intervalos muy cortos, lo que produce que el componente pase más tiempo con una lubricación cercana al valor ideal.

### **Descripción del sistema a lubricar**

En el siguiente cuadro se resumen los componentes a ser lubricados con sus características y cantidades

<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>CANTIDAD/PUNTOS</b>	<b>VELOCIDAD</b>
1	Rodillo Cerámico de Tratador Corona N°2	2	20000
2	Rodillo de Paso N°1	2	20000
3	Rodillo Nip	2	20000
4	Rodillo de Paso N°2	2	20000

Total de puntos de lubricación 8.

Nota: actualmente todos los rodillos se lubrican con el mismo tipo de grasa.

### **Detalle de entradas de Grasa sobre el Rodillo Cerámico – Lado Operador y Lado Transmisión**

Las fotografías a continuación indican las entradas de grasa a los diferentes puntos de lubricación en lado operador y transmisión.

**Lado Operador**



**Lado Transmisión**



Fuente: (Autor)

### Lado transmisión



Fuente: (Autor)

Nota: para poder lubricar se debe desmontar la guarda como se muestra en la figura.

En el caso de las entradas a rodamientos del rodillo cerámico, generalmente se encuentra una grasera tipo codo como conector de entrada. Será necesario colocar en estos puntos conectores apropiados para recibir la tubería de lubricación (Ver más adelante tubería necesaria para la instalación).

### Detalle de entradas de Grasa sobre Rodillo de Paso N°1 – Lado Operador y Lado Transmisión

Las fotografías a continuación indican las entradas de grasa a los diferentes puntos de lubricación en lado operador y transmisión.



Fuente: (Autor)

Como se observa las fotos algunos rodillos no tienen grasera, por difícil acceso al punto y esto hace que los rodamientos recalienten y presente fallas prematuros.

### **Detalle de entradas de Grasa sobre Rodillo Nip – Lado Operador y Lado Transmisión**

Las fotografías a continuación indican las entradas de grasa a los diferentes puntos de lubricación en lado operador y transmisión.

En este rodillo existe mayor carga, mayor torque y hace contacto con el rodillo cerámico que se encuentra a una temperatura elevada, lo cual la frecuencia de lubricación se acorta debido a las condiciones de trabajo.



Fuente: (Autor) Indicación de lubricante en lado operador y transmisión

### **Detalle de entradas de Grasa sobre Rodillo de Paso N°2 – Lado Operador y Lado Transmisión**

Las fotografías a continuación indican las entradas de grasa a los diferentes puntos de lubricación en lado operador y transmisión.

También a estos rodillos se le conoce como rodillos locos, cumplen una función de tensar las películas.



Fuente: (Autor)

Nota: Los rodillos giran a altas velocidades

**Cálculos realizados según las teorías anteriores.**

**Volumen de entrega para inyectores Lincoln tipo SL**

Para nuestro cálculo nos basamos la tabla 4.

<b>Volumen Mínimo</b>	<b>Volumen Máximo</b>	<b>inyector de grasa</b>
0.001	0.008	SL-32

El volumen está expresado en pulgadas cúbicas.

Se seleccionó el inyector porque el volumen de entrega satisfaga las necesidades del punto.

**Cálculo del lubricante requerido por funcionamiento de los inyectores**

Debido a la forma de funcionamiento de los inyectores de este tipo de sistema, estos dispensan lubricante y se recargan en cada ciclo.

### Volumen requerido por inyectores Lincoln SL para ciclar

Inyector	Volumen
SL-32	0.0175

El volumen está expresado en pulgadas cúbicas.

### Volumen requerido por todos los inyectores

Como en el sistema diseñado existe 8 inyectores lo cual se multiplicara el volumen para totalizar.

$$8 \times 0.0175 = 0.14$$

El volumen requerido por todo los inyectores es de 0.14 pulg<sup>3</sup>

### Selección de la línea principal

#### Largos máximos para la línea principal

Según la tabla 6 se selecciona las tuberías, esto va depender del largo de la línea principal.

tubería	Espesor min. De pared	Largo Máximo (pies)
		Grasa NLGI 2
1/4"	0.028"	9.84

Como en la tabla no existe 9.84 se asumirá el menor de los diámetros, como se menciona en la tabla 6.

### Cantidad de lubricante requerido por expansión de tubería

Diámetro Exterior tubing (pulg)	Espesor Mínimo de pared	Factor de expansión (pulg <sup>3</sup> )
		Grasa
1/4"	0.028	0.0025

Como la longitud de la tubería principal es de 9.84 tomando en cuenta los dobles, entonces para compensar la línea principal es:

$$9.84 \times 0.0025 = 0.0246 \text{ pulgadas cúbicas por ciclo.}$$

Si se suma el volumen necesario para hacer funcionar los Inyectores y el volumen necesario para compensar la expansión, se obtiene:

$$0.0246 + 0.14 = 0.1646 \text{ pulgadas cúbicas por ciclo.}$$

### Largo máximo para líneas de entrega a puntos

Tubería (acero)	Espesor min. De pared	Largo máximo (pies)	
		Lubricante	Grasa NLGI 2
		Inyector	SL-32
1/8"	0.020"		5

### Cálculo de la bomba para entregar Volumen específico

#### MODELOS 203 AC

#### Especificación del modelo de la Bomba

Voltaje	94-265 VCA
Temperatura de Operación	-13 hasta 158 ° F / -25 hasta 70 ° C
Número y tamaño de elemento	1 - 6mm
Capacidad del deposito	2, 4 u 8 Litros
Salida por Minuto	aprox. 2.8 cc/0.171 pulg 3 por min.
Lubricante	Grasa hasta NGLI 2
Tiempo de activación con teclado de PC	2 a 30 min.
tiempo de activación fijado en fabrica	6 min.
tiempo de pausa fijado en fabrica	6 horas
Presión de Operación máxima	5000 psi / 350 bares
Conexión roscada	G 1/4" para tubos de 6 u 8 mm de diámetro

La bomba VAC se ajusta automáticamente a la fuente de alimentación en una amplia gama de voltajes (entre 94 y 265 voltios, 50 a 60 Hz.)

## Especificaciones del modelo

N° de modelo	Descripción	Capacidad del depósito	Grasa o aceite	Control de bajo nivel	Tablero de circuitos impresos
644-46073-5	P203-2XNBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	Sí
644-46173-4	P203-4XNBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	Sí
644-46173-5	P203-4YLBO-1K6-AC-1A1.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Sí	Sí
644-46073-6	P203-2XNBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	No
644-46173-6	P203-4XLBO-1K6-AC-2A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	Sí	No
644-46173-8	P203-4YLBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Sí	No
644-46173-7	P203-4XNBO-1K6-AC-1A1.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	No
644-46174-2	P203-8XLBO-1K6-AC-2A1.01-V10 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Sí	Sí
644-46073-4	P203-8XLBO-1K6-AC-2A1.01 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Sí	No

"(UL)" se refiere a bombas aprobadas por Underwriters Laboratories y certificadas por CSA. Las bombas con "-A+SV" incluyen el adaptador NPT 1/8" y la válvula de alivio de presión.

Fuente: (Catalogo de Lincoln)

## Selección del sistema de control

Para el diseño se escogió un controlador de poca complejidad de manejo por motivos económicos, el regulador de SMAC está disponible en 110 y 220 VAC de servicio.

Fabricadas por la empresa BIJUR DELIMON INTERNATIONAL.



El regulador de SMAC es regulador programable multiusos usado con los sistemas lubricantes industriales. Se ahorran los ajustes del regulador siempre que se interrumpa la energía. Hasta cuatro modos de funcionamiento pueden ser seleccionados que permite que el regulador sea utilizado con varios diseños del sistema lubricante.

### Características técnicas de las tuberías seleccionadas

#### GRASERA

Nº de modelo	descripción
5045	Conexión roscada recta a prueba de fugas NPT de 1/4"
242125	Tapa de conexión de grasa de plástico

#### tubería de acero y sus características técnicas

# de Modelo	Tamaño (D.E x Pared)			Presión de Trabajo	Tipo	Temperatura
	D.E	Pared	Longitud			
62175	1/8"	0.020"	25 pies / 7.6 m	4400 pies / 300 bares	Bobina	0 hasta 110 °C

# de Modelo	Tamaño (D.E x Pared)			Presión de Trabajo	Tipo	Temperatura
	D.E	Pared	Longitud			
62174	1/4"	0.028"	25 pies / 7.6 m	400 pies / 200 bares	Bobina	0 hasta 110 °C

Fuente: (Catalogo de Aceros Arequipa)

Según los cálculos realizados anteriormente sobre las tuberías estas son las características que se requiere para el diseño de un sistema centralizado de lubricación con grasa.

**Tabla Nº 14: Materiales para fabricación del sistema centralizado**

Ítem	Materiales	Cantidad
1	Tubería de acero de 1/4" ø	8m
2	Tubería de acero de 1/8" ø	16m
3	Conector Hidráulico Recto de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" ø.	5 u
4	Conector Hidráulico a 90° de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" ø.	3 u
5	Conector Hembra de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" ø.	8 u
6	Adaptadores	8 u
7	Ni ples	9 u
8	Manifold de inyectores	8 u
9	Uniones Giratorios	4 u
10	Soporte de Montaje de bomba	2 u
11	Tornillera para la bomba 203	5 u
12	Bomba de serie 203	1 u
13	Controlador	1 u

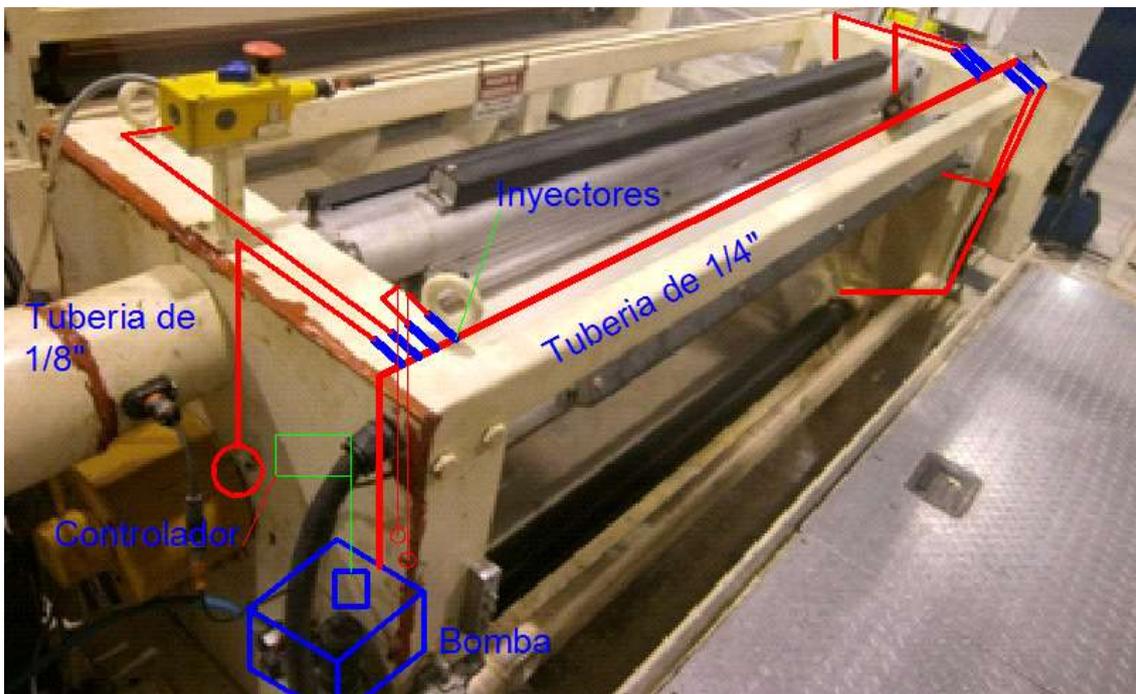
Fuente: (autor)

El cuadro está basado según los cálculos realizados en los capítulos anteriores.

### Herramientas

Herramienta de ensamble
Dobladora
Taladro
Destornillador
Cortadora

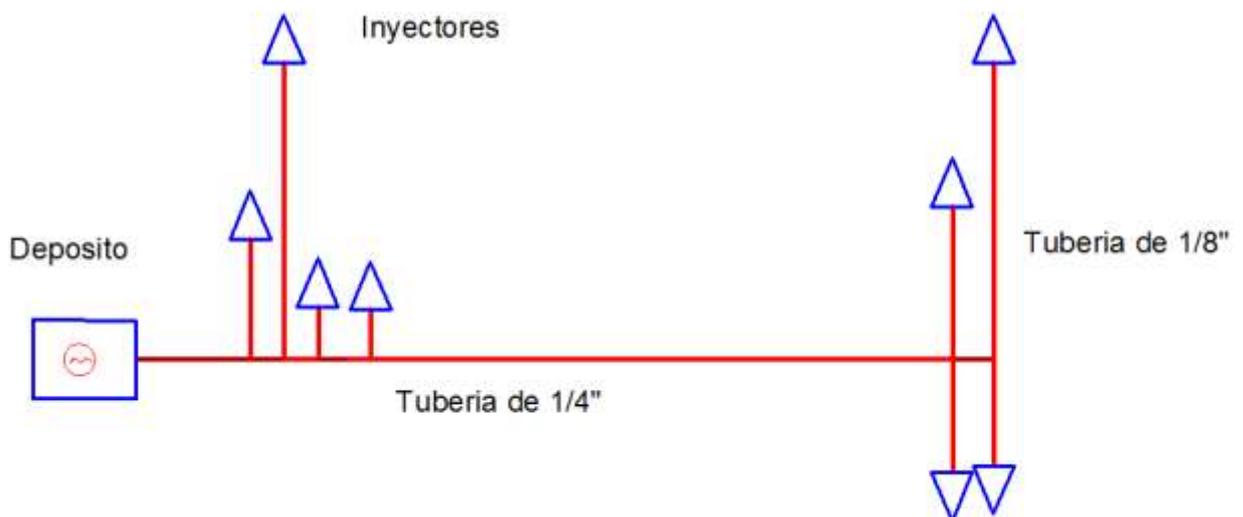
## Diseño Propuesto del sistema Centralizado de Lubricación



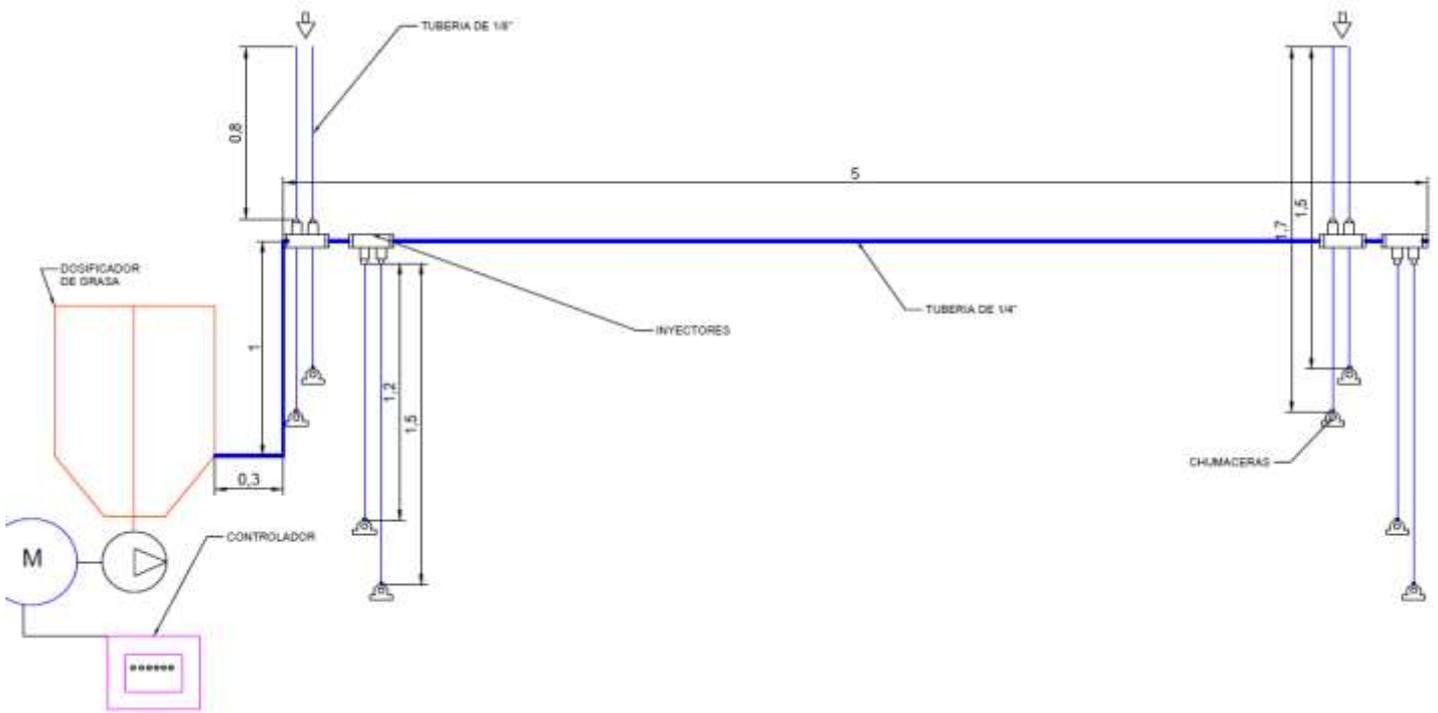
Fuente: (Autor)

La foto que se muestra nos ayuda para explicar cómo sería el diseño de un sistema centralizado de lubricación en el tratador Corona de Línea Coating.

**Figura 8. Diagrama visto en planta de la instalación del sistema**



## Planos de fabricación debidamente acotadas



Fuente: (Autor)

El Plano nos Muestra el diseño completo del sistema centralizado con sus respectivos dimensiones incluidos accesorios que se utilizaran en la fabricación.

### Costo de Fabricación del sistema centralizado

Materiales	Cantidad	Costo s/
Tubería de acero de 1/4" $\varnothing$	8m	200
Tubería de acero de 1/8" $\varnothing$	16m	400
Conector Hidráulico Recto de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" $\varnothing$ .	5 u	35
Conector Hidráulico a 90° de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" $\varnothing$ .	3 u	21
Conector Hembra de 1/8" NPT Macho para tubo de 1/8" $\varnothing$ .	8 u	35
Adaptadores	8 u	40
Ni ples	9 u	45
Manifold de inyectores	8 u	40
Uniones Giraorios	4 u	16
Soporte de Montaje de bomba	2 u	30
Tornillero para la bomba 203	5 u	10
Bomba de seria 203	1 u	780
Controlador	1 u	900

**Total 2552.00**

Los precios de los materiales se obtuvo, según la cotización que realizo la empresa SKF.

### 3.3. REVISIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE RESULTADOS

Desde el punto de vista de mantenimiento, es posible comparar el tiempo de mantenimiento preventivo empleado para re lubricar los rodillos manualmente contra el tiempo empleado para revisar y rellenar el equipo de lubricación centralizado.

En la tabla XV, se presenta un comparativo de los parámetros antes y después de la implementación del sistema centralizado de lubricación automática.

**Tabla 15 Comparativo de parámetros**

Ítems	Parámetro	Sin sistema	Con Sistema	Diferencia
1	Condición de la Maquina	No operativo	Operativo	-
2	Horas de Paro por re lubricación de rodillos	4 h	0 h	-4
3	Horas-Hombres por re lubricación	8 h	0.17 h	-7.83
4	Kilogramos de Grasa utilizado para re lubricación	2kg	1kg	1kg

Fuente: (Autor)

Nota: para todos los parámetros, los datos son Mensuales.

En las horas hombres con sistema solo se inspeccionan las tuberías, fugas de grasa y limpieza de todo el sistema.

## **CONCLUSIONES**

1. Se logrará reducir el tiempo de paro de la Maquina debido a re lubricación de los rodillos de semanal a 0.
2. Se reducirá las horas-hombres empleados en re lubricación de los rodillos de 8 horas a 17 minutos.
3. Se reducirá el consumo de grasa de 2kg a 1kg semanalmente.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar la factibilidad de instalar sistemas de lubricación centralizados Automáticos en otras máquinas de la planta para poder reducir el tiempo de paro de las maquinas.
2. Utilizar el sistema centralizado para poder reducir horas-hombres y mejorar la calidad de lubricación de las mismas.
3. Inspeccionar semanalmente las tuberías y los inyectores para que no existe fugas y reducir la cantidad de grasa.

## **BIOGRAFIA**

1. Lincoln. **CENTRO-MATIC, AUTOMATED LUBRICATION DESIGN GUIDE**. E.U.A.s.e., 1989.
2. Libro de LUIS ARIZMENDI ESPUÑES “**TRIBOLOGIA**”.
3. Catálogos de SKF accesorios de un sistema centralizado.
4. Catálogos de Lincoln quick de lubricantes.
5. MALISHEV, Tecnología de los Metales.
6. Marks. **Manual del ingeniero mecánico** 9ª. Ed. México: McGraw-Hill, 1995.

# ANEXOS

## ANEXO 1

### Catálogo de Lincoln para Lubricación Centralizado

**LINCOLN**

**PERFIL DE LA EMPRESA LINCOLN**

**EXPERIENCIA**

Lincoln se fundó en 1938 y ostenta el liderazgo mundial en sistemas y equipos de lubricación por grava desde hace 80 años. Decadas de experiencia en el sector nos han proporcionado un alto grado de competencia y de "know-how" en la industria de los sistemas de lubricación. Como siempre en el sector, continuamos siendo seriosos con seguridad, suministrando a nuestros clientes las mejores soluciones de lubricación en calidad y precio.

**SERVICIO**

El servicio de atención al cliente incluye asesoramiento, estudio técnico y clasificación de sistemas adaptados al cliente para todas las aplicaciones, fabricación de componentes estándar como: por ejemplo, bombas, distribuidores o equipos de control, instalación y puesta en marcha in situ de sistemas de lubricación en todas las partes del mundo, así como la formación al cliente y el servicio post-venta.

**CALIDAD**

El Sistema Certificado de Gestión de la Calidad según DIN EN ISO 9001, nuestra competencia, cualidades de asesoría e instalación, nos conducen en el campo hacia buenas soluciones orientadas al cliente, tanto económicas como inteligentes.

**PRODUCTO**

**CERVISIMAG**  
[www.cervisimag.com](http://www.cervisimag.com)

**LUBRICACIÓN  
CENTRALIZADA Y AUTOMÁTICA**

Fuente: Manual de Lincoln

# ANEXO 2

## Quick de Bombas para el sistema de Lubricación

### Sistemas de lubricación Quicklub® Bombas de lubricación eléctrica—Serie 203

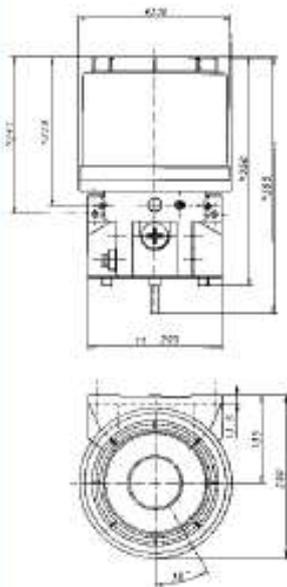


#### Modelos 203 AC

La bomba VAC se ajusta automáticamente a la fuente de alimentación en una amplia gama de voltajes (entre 94 y 265 voltios, 50 a 60 Hz.)

Voltaje:	94 - 265 VCA
Temperatura de operación:	-13° hasta 158°F / -25° hasta 70°C
Número y tamaño de elementos:	1 - 6mm
Capacidad del depósito:	2, 4 u 8 litros
Salida por minuto:	Aprox. 2.8 cc / 0.171 pulg. por min.
Lubricante:	Grasas hasta NGLI 2. Aceite de al menos 40 cSt
Tiempo de activación con teclado de PC:	2 a 30 minutos
Tiempo de activación fijado en fábrica:	6 minutos
Tiempo de pausa fijado en fábrica:	6 horas
Presión de operación máxima:	5000 psi / 350 bares
Conexión roscada:	G1/2" para tubos de 6 u 8 mm de diámetro

\*\* Contacto a Lincoln para modelos con depósitos de 16 litros.



#### Especificaciones del modelo

N° de modelo	Descripción	Capacidad del depósito	Grasa o aceite	Control de bajo nivel	Tablero de circuitos impresos
644-40073-5	P203-20NBO-1R6-AC-1At.01-V10 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	Si
644-40173-4	P203-40NBO-1R6-AC-1At.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	Si
644-40173-5	P203-4YLB0-1R6-AC-1At.01-V10 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Si	Si
644-40073-6	P203-20NBO-1R6-AC-1At.01 (UL)-A+SV	2 litros	Grasa	No	No
644-40173-6	P203-40LB0-1R6-AC-2At.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	Si	No
644-40173-8	P203-4YLB0-1R6-AC-1At.01 (UL)-A+SV	4 litros	Aceite	Si	No
644-40173-7	P203-40NBO-1R6-AC-1At.01 (UL)-A+SV	4 litros	Grasa	No	No
644-40174-2	P203-80LB0-1R6-AC-2At.01-V10 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Si	Si
644-40073-4	P203-80LB0-1R6-AC-2At.01 (UL)-A+SV	8 litros	Grasa	Si	No

"(UL)" se refiere a bombas aprobadas por Underwriters Laboratories y certificadas por CSA. Las bombas con "-A+SV" incluyen el adaptador NPT 1/8" y la válvula de alivio de presión.

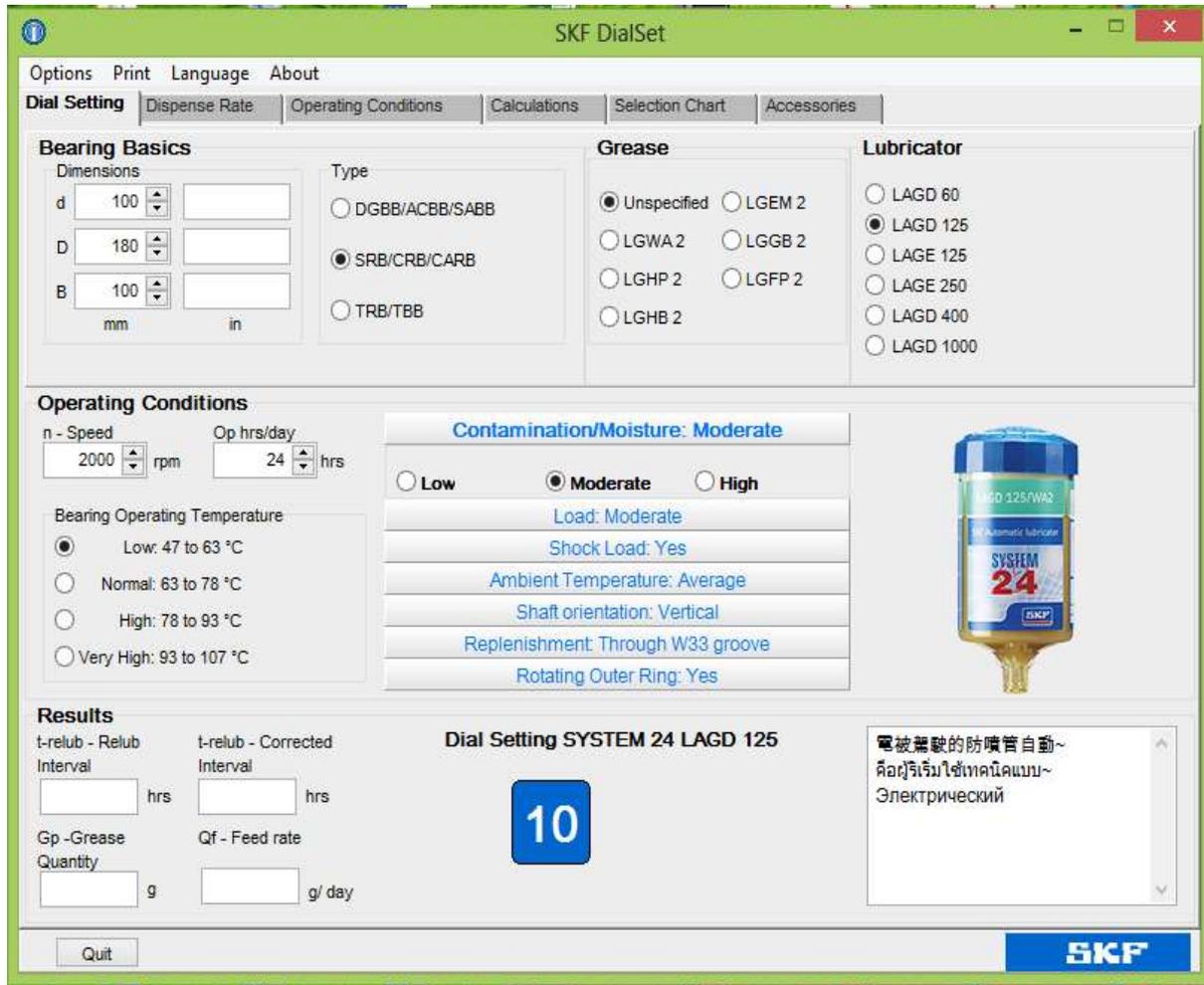
N° de modelo	Descripción
624-28894-1	Válvula de alivio de presión 350-G 1/4" A-D6
624-28895-1	Válvula de alivio de presión 350-G 1/4" A-D6
624-28931-1	Retorno a la válvula de alivio de presión del depósito

El adaptador NPT .x" (pieza 304-19614-1) no está incluido y debe pedirse por separado, si es que se requiere.

Fuente: Catalogo de Bombas de Lincoln

# Anexo 3

## Software para de cálculo de re lubricación Dial Set 4.0



Fuente: software de SKF

## ANEXO 4

### CLASIFICACION DE GRASAS LUBRICANTES

Fuente: Compañía Administradora del Monopolio del Petróleo

Grupo	Denominación	Base	Penetración	Punto de Gota °C
0	Consistentes	Ca	200-350	>80°
1	Consistentes	Ca + cargas inertes	150-300	>80°
2	Consistentes	Ca + aditivos anticorrosivos	Fluida 300-385 Semidura 200-300 Dura 85-200	>85° >90° >95°
3	Grafitadas	Ca + grafito	250-250	>85°
4	Base Mixta	Li-Ca Na-Ca Na-K	180-350	>140°
5	Fibrosas	Na	Semifluida 260-310 Fluida 170-260 Extrafluida 130-170	>140° >150° >180°
6	Grasa en bloques	Na	50-1000	>165°
7	Extrema presión	Ca + EP Li	200-300	>150°
8	De Litio	Li	Fluida 300-385 Semidura 200-300 Dura 130-200	>190° >200° >210°
9	De Aluminio	Al	Fluida 310-385 Semidura 260-310 Dura 200-260	>75° >85° >95°
10	De Bario	Ba	180-220	<130°
11	Grasas molibdenizadas	Li + S <sub>2</sub> Mo Ca	250-300	>190°
12	Grasa negra semilíquida	Ca		65°-70°
13	Grasa negra consistente superior	Ca	175-300	>80°
14	Grasa Parafinosa	Parafina o petrolatum	225-300	>50°
15	Asfálticas semilíquidas	Asfalto + aditivo EP	Viscosidad 5-50 °E a 50°C	
16	Líquidas reversibles	Estereato de aluminio y naftenato de plomo u otros aditivos EP	Fluida 12-20°E a 50°C Semiviscosa 20-40°E a 50°C Viscosa 40-70 °E a 50°C	
17	Líquidas textiles	Ca	Fluida 5-8°E a 50°C Semiviscosa 8-12°E a 50°C Viscosa 12-20 °E a 50°C	

Sociedad Anónima (CAMPSA)

# ANEXO 5

## Tablas para seleccionar tuberías según la viscosidad

Tubing O.D. (Acero)	Espesor min. de pared	Largo máximo (pies)									
		Lubricante	Grasa NLGI 0				Grasa NLGI 1				
		Inyector	SL-33	SL-32	SL-1	SL-11	L-33	SL-32	SL-1	SL-11	
1/8 "	0.020"		20	16	4		2	10	3		
1/4 "	0.028"				35	38			17	25	
3/8 "	0.028"				64	75			26	45	
<b>Tubería</b>	<b>Cédula</b>										
1/8 "	40					62				35	
1/4 "	40					120				60	
Tubing O.D. (Acero)	Espesor min. de pared	Largo máximo (pies)									
		Lubricante	Grasa NLGI 2				Aceite				
		Inyector	SL-33	SL-32	SL-1	SL-11	SL-41	SL-42	L-43	SL-44	
1/8 "	0.020"		6.5	5	1.5					25	
1/4 "	0.028"				8	13				100	
3/8 "	0.028"				16	20					
<b>Tubería</b>	<b>Cédula</b>										
1/8 "	40					20				62	
1/4 "	40					30				120	

## ANEXO 6

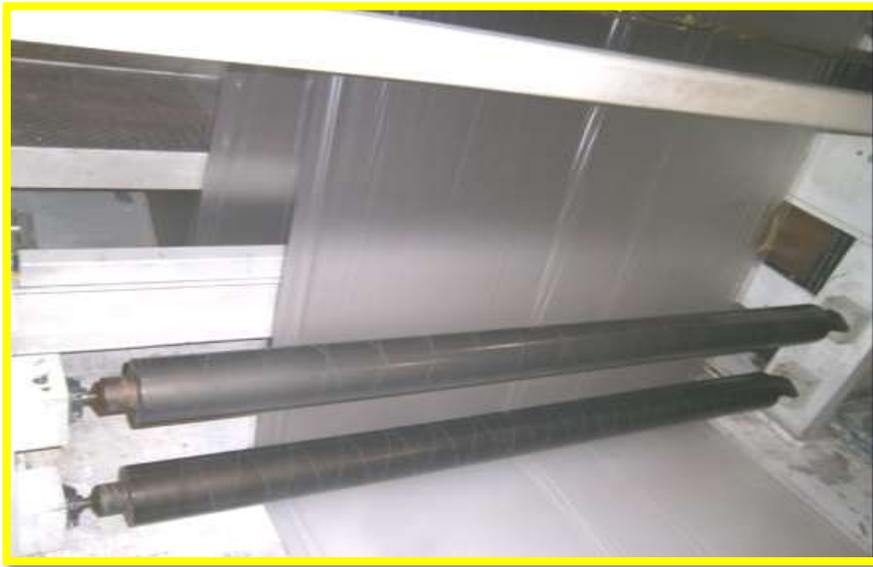
### Fotos de la máquina



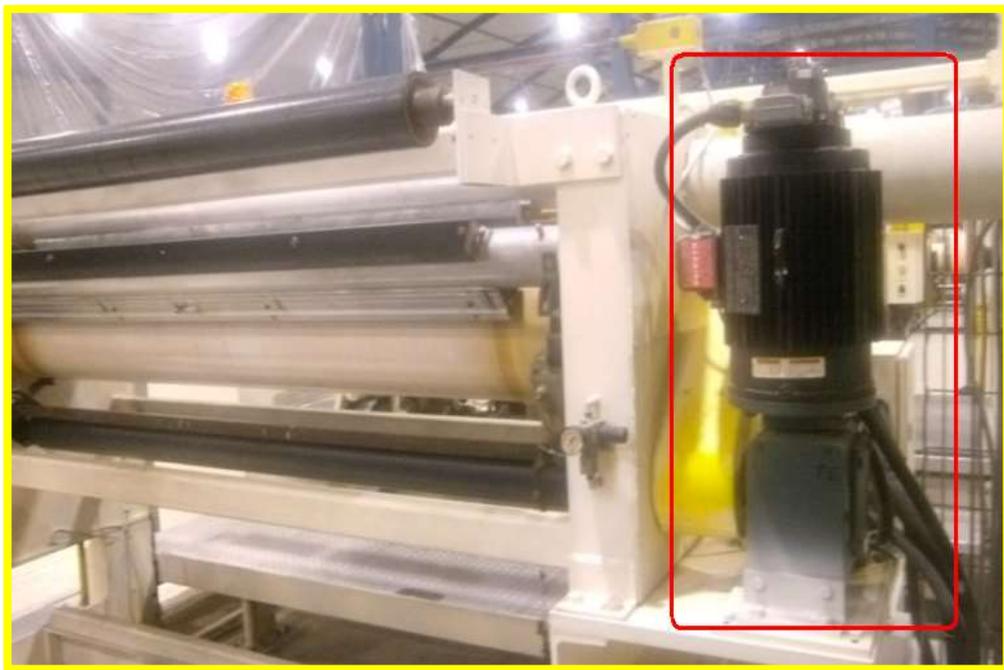
Fuente: autor



Fuente: Autor



Fuente: autor



Fuente: Autor