

PROPUESTA MODELO DE GESTION DE LUBRICACION PARA PYMES EN BOGOTA

Director del trabajo:
M.Sc. Ing. Luis Mauricio Dávila
Estudiantes de investigación:
María Camila Ruiz Amaya

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Programa de Ingeniería Mecánica
Bogotá D.C., Colombia
2022

PROPUESTA MODELO DE GESTION DE LUBRICACION PARA PYMES EN BOGOTA

Director del trabajo:
M.Sc. Ing. Luis Mauricio Dávila
Estudiantes de investigación:
María Camila Ruiz Amaya

Proyecto de investigación o trabajo dirigido

Línea de Investigación:
Gestión de Activos y Mantenimiento

Universidad Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Programa de Ingeniería Mecánica
Bogotá D.C., Colombia
2022

(Dedicatoria o lema)

“Las cosas no son difíciles de hacer; lo que es difícil es ponerse en disposición de hacerlas.”

Constantin Brancusi

Agradecimientos

Mis más sinceros agradecimientos al profesor por tenerme tanta paciencia y guiarme de la mejor manera, este semestre.

Resumen

Este trabajo propone un modelo de gestión de lubricación para pequeñas y medianas empresas (PYMES) en Bogotá, mediante una minuciosa investigación de los modelos de gestión existentes, y la lubricación junto con los requisitos y viabilidad que podría tener. Esto con el fin de disminuir la contaminación, las malas prácticas y los fallos por lubricación. Debido a que no existe un modelo específico para la problemática, se planteó una guía general, que ofrece principios básicos e indispensables para la implementación en empresas manufactureras pequeñas, permitiendo flexibilidad ante las capacidades financieras que posean las PYMES. Debido a la pandemia y a la reactivación económica este sector, se ha tenido un crecimiento e innovación importante el cual llevo a las PYMES a considerar invertir y gestionar en maquinaria, buscando reducir costos, aumentar la confiabilidad, y productividad, resaltando la importancia del mantenimiento. Por ende, la lubricación es una tarea indispensable pero poco valorada en la utilización de cualquier maquina u equipo mecánico.

Palabras clave: Modelo, gestión, lubricación, mantenimiento, PYMES

Abstract

This paper proposes a lubrication management model for small and medium-sized enterprises (SMEs) in Bogotá, through a rigorous investigation of existing management models, and lubrication together with the requirements and feasibility that may be had. This model seeks to reduce contamination, bad practices and failures in the field of machinery lubrication. Since there is no evidence of models like this, a specific SMEs lubrication's program has been proposed, which offers basic and important principles for implementation in small manufacturing companies, being somewhat flexible considering their financial capabilities and special needs. Due to the pandemic and economic reactivation, this sector has had an important innovation growth where they realized that, by investing and managing machinery, they can reduce costs, increase reliability, and productivity, highlighting the importance of maintenance. Therefore, lubrication is an essential task but under-valued in the use of any machine or mechanical equipment.

Keywords: Model, management, lubrication, maintenance, PYMES.

Contenido

	Pág.
Contenido.....	XI
Lista de figuras.....	XIII
Lista de tablas.....	XIV
Lista de Abreviaturas	XV
Introducción	1
Capítulo 1. Caracterización de las Pymes en Bogotá	3
1.1. Concepto de Empresa	3
1.2. Clasificación	3
1.3. Normativa	4
1.4. Impacto en la Economía y Beneficios	4
Capítulo 2. Lubricación.....	7
2.1. Lubricación con Grasa	7
2.1.1 Base Lubricante	8
2.1.1.1 Aceites Minerales	9
2.1.1.2 Aceites Sintéticos.....	10
2.1.1.3 Aceites Naturales	11
2.1.2 Espesantes.....	12
2.1.2.1 Espesantes Metálicos	12
2.1.2.2 Espesantes Metálicos Simples	13
2.1.2.4 Espesante de Base No Metálica	15
2.1.3 Aditivos.....	16
2.1.4 Desventajas de Lubricación con Grasa.....	17
2.1.5 Ventajas de Lubricación con Grasa	18
2.2. Lubricación por Aceite	18
2.3. Práctica de Lubricación	19
Capítulo 3. Modelos de Gestión.....	23
3.1. PHVA "Planear, hacer, verificar y actuar"	26
3.2. PHVA en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo.....	28
3.3. Modelos de Gestión en Lubricación	29
Capítulo 4. Modelo de Gestión de Lubricación Propuesto	33

Capítulo 5. Conclusiones.....	38
5.1. Recomendaciones	39
Anexo A. Presupuesto Análisis de Aceite	41
Bibliografía.....	45

Lista de figuras

Figura 1. Polialfaolefina - Formula General [6]	10
Figura 2. Esteres de Aceite [10].....	11
Figura 3. Estructura molecular de Poliurea	15
Figura 4. Diagrama Practica de Lubricación	19
Figura 5. Modelos de Gestión [21]	23
Figura 6. Organigrama de una Empresa Pequeña [22]	24
Figura 7. PHVA: Procedimiento Lógico y por Etapas para la Mejora Continua [23].....	27
Figura 8. Proceso de Gestión de Lubricación SKF [27]	29
Figura 9. Programa de Gestión de Lubricación (a. Modelo de Gestión de Lubricación Noria [28], b. Diagrama de Araña [29])	30
Figura 10. Programa de Gestión de Lubricación PURE. [30]	31
Figura 11. Modelo de Gestión de Lubricación Propuesto. -Autoría Propia	38
Figure 12. Cotización Muestra Nivel Essential de R&R	41

Pág.

Lista de tablas

	Pág.
<i>Tabla 2.I: Clasificación API de Aceites base [6]</i>	8

Lista de Abreviaturas

Abreviaturas

<i>PYME</i>	Pequeña y mediana empresa
<i>SMLMV</i>	Salario mínimo legal mensual vigente
<i>OCDE</i>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<i>DANE</i>	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
<i>API</i>	American Petroleum Institute
<i>PAO</i>	Polialphaolefina
<i>PIB</i>	Poliisobutileno
<i>ZDDP</i>	Zinc dialkyl dithiophosphate
<i>PHVA</i>	Planear, hacer, verificar y actuar
<i>SG-SST</i>	Sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo
<i>SKF</i>	Svenska Kullagerfabriken
<i>ERP</i>	Enterprise Resource Planning

Introducción

A lo largo de este documento se explican los factores importantes de la lubricación, definida como la aplicación de una sustancia que minimiza la fricción que se produce entre elementos de contacto, y el por qué en la implementación de dicho proceso en las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) manufactureras en Bogotá. Este ensayo busca demostrar que la lubricación es un factor importante en las grandes y pequeñas industrias; combinándolo con un modelo de gestión, como lo es el ciclo PHVA. Este método estratégico permite la mejora continua debido a la interactividad de resolución de problemas por medio de sus pasos: Planificar, hacer, verificar, y actuar; esto con el fin de gestionar de forma más eficiente los activos de las empresas en donde no existía este modelo trabajo, especialmente en la capital Bogotana impulsora de la economía.

En ese orden de ideas, este modelo busca prevenir que la contaminación y malas prácticas; por mal proceder en términos de lubricación, no sigan afectando a la sociedad y evitando el crecimiento manufacturero de estas empresas. El modelo se instauró basado en varios ejemplos de programas de lubricación ya implementados por empresas reconocidas en la industria y financieramente más activas. No obstante, estos programas de base requieren más gastos de capital y no proporcionan flexibilidad ante las PYMES que se quieren abarcar en este desarrollo de proyecto. Por lo tanto, el modelo sigue todos los puntos importantes de un correcto plan de mejora continua en lubricación; así como determina los primeros pasos a realizar, sus recomendaciones, y alternativas sumamente accesibles para las empresas que quieran prevenir y llevar un control sobre sus activos, además definiendo los elementos mecánicos, recursos, bienes, derechos etc., que componen las máquinas, de las empresas.

Capítulo 1. Caracterización de las Pymes en Bogotá

En principio, es fundamental comprender la clasificación de las empresas en el mercado colombiano y así tener un enfoque desde lo general hasta lo específico. Esto permite abordar temas como su regulación, clasificación e impacto en la economía, para comprender el tipo de aplicabilidad tenida en cuenta para el desarrollo del modelo de gestión de lubricación.

1.1. Concepto de Empresa

Para entender el concepto de pequeña y mediana empresa (PYMES) es necesario tener en cuenta lo establecido en el artículo 25 del Código de Comercio, el cual define a una empresa:

“Se entenderá por empresa toda actividad económica organizada para la producción, transformación, circulación, administración o custodia de bienes, o para la prestación de servicios. Dicha actividad se realizará a través de uno o más establecimientos de comercio”. Código de Comercio- Decreto 410 de 1971

Teniendo en cuenta lo anterior, se debe acudir a ley 950 del 2000, mediante la cual se reconocen legalmente a las PYME en Colombia; además de indicar la clasificación de este tipo de empresas.

1.2. Clasificación

El primer reconocimiento a nivel jurídico de las PYMES se constituyó en la Ley 590 de 2000, lo cual llevó a una serie de investigaciones en dicho campo determinando la necesidad de modificaciones. Estas se reformaron por medio de la ley 905 de 2004, en la cual redefine a las PYMES, en su artículo 2:

“Para todos los efectos, se entiende por micro, pequeña y mediana empresa, toda unidad de explotación económica, realizada por persona natural o jurídica, en actividades empresariales, agropecuarias, industriales, comerciales o de servicios, rural o urbana, que responda a los siguientes parámetros (...)”

A lo largo del segundo inciso de dicho artículo se hace referencia a la clasificación de las PYMES teniendo en cuenta determinados parámetros como la cantidad de trabajadores y los activos totales, de este modo:

Pequeñas Empresas: Planta de personal entre 11 y 50 trabajadores y un activo (entiéndase patrimonio de la empresa) total entre 501 y menos de 5.000 SMLMV.

Medianas Empresas: Planta de personal entre 51 y 200 trabajadores y activos totales (entiéndase patrimonio de la empresa) entre 5.001 hasta 30.000 SMLMV.

[1], [2]

1.3. Normativa

Desde la primera promulgación de la Ley 590 de 2000 más conocida como la ley Mipyme, donde se estableció la clasificación de las PYMES y sus parámetros de beneficio; se han realizado modificaciones legales, dentro de las cuales se encuentra la Ley 905 de 2004. En esta se ajustan los valores de activos para las pequeñas y medianas empresas, la cual sigue vigente a la fecha.

Por otro lado, en la ley 1450 de 2011, denominada el Plan de Desarrollo 2010-2014, se estableció un criterio adicional para determinar la clasificación de las PYMES. No obstante, esto no ha sido oficialmente reglamentado.

[3]

1.4. Impacto en la Economía y Beneficios

Desde una perspectiva internacional las PYMES son consideradas como grandes impulsoras de las economías de primer mundo y las que se encuentran en desarrollo según el Banco Mundial, esto se debe al dinamismo dado entre las ofertas de trabajo y la competencia de mercado. Según estudios se ha encontrado que, en países de la OCDE, las PYMES conforman 96-99% del número total de las

empresas. La constante formación de empresas crea un mercado más competitivo y permite que las grandes empresas adopten los servicios de las PYMES como contratistas o prestadores de servicios.

Diferentes gobiernos han establecido medidas para incentivar la creación de empresas y fomentar su crecimiento. En el caso colombiano, se han creado líneas de crédito preferentes para capital de trabajo, adquisición de activos productivos e inversión a cargo de Bancóldex. Dicha institución crea programas que se permiten ejecutar a través de diferentes entidades financieras; por otro lado, se facilitan garantías para hacer los créditos más accesibles, esto mediante el Fondo Nacional de Garantías. De igual modo, existen otros programas de apoyo al crecimiento creados por el Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, enfocado principalmente en los emprendimientos.

Según el DANE, las PYMES representan el 90% del sector productivo en Colombia. Estas generan el 40% del producto interno bruto y más del empleo nacional. Teniendo en cuenta dichas estadísticas es posible evidenciar el impacto que tienen estas empresas en la economía nacional.

Capítulo 2. Lubricación

“La lubricación se define como el control de la fricción y el desgaste¹ mediante la introducción de una película que reduce la fricción entre las superficies dinámicas en contacto. Esta película, también conocida como lubricante, puede ser una sustancia sólida, fluida o plástica, siendo el aceite y la grasa los más comunes. Los lubricantes tienen varias funciones, incluida la de reducir fricción, prevenir el desgaste, proteger a la maquinaria de la corrosión, controlar la temperatura y la contaminación, transmitir potencia y proporcionar un sello fluido”. [4]

La lubricación era considerada un trabajo tedioso y poco relevante comparado con los demás, pero a través del tiempo las empresas han ido implementando nuevas técnicas de mantenimiento, así como han invertido en maquinaria. Esto en busca de tener mejor confiabilidad en lubricación y análisis de aceite en sus equipos, evitando paradas técnicas innecesarias y pérdidas de producción, para lograr una reducción de costos, repuestos y evitar la contaminación [5]. A raíz de la pandemia por SARS COVID-19 muchas empresas optaron por la innovación, inversión de maquinaria y técnicas de mantenimiento para optimizar sus procesos. Para comprender la lubricación como área, se analizaron aspectos desde su etimología hasta los componentes que son utilizados para llevar a cabo este proceso.

2.1. Lubricación con Grasa

Consiste en el uso de una sustancia semisólida resultado de la dispersión de un agente espesante en un líquido lubricante que ayuda a sellar piezas en contacto durante tiempo prolongado. Dicho proceso evita que entren contaminantes como la humedad, agua, tierra entre otros.

¹ Desgaste es la pérdida progresiva de material en una superficie, en el cual es provocado por un alto esfuerzo o por diversas repeticiones cíclicas de cargas, también se ve influenciado por el medio ambiente donde se encuentre el sistema, debido a los contaminantes externos que se puedan tener.

Normalmente, es usada en condiciones normales de operación en maquinaria; dado que es de fácil aplicación y ofrece mayor retención en elementos inclinados o verticales.

Su textura se compone de propiedades viscoelásticas que contienen: del 70 al 95% base lubricante en peso de base, del 0 al 10% aditivos (líquidos y/o sólidos) y del 5 al 35% espesante. Dependiendo de la cantidad de aditivos y de su objetivo final de aplicación, se clasifica como:

- Grasa, cuando los sólidos son menores del 10%.
- Grasa-pasta, cuando los sólidos son del 10 al 40%.
- Pasta, cuando es mayor del 40 %.

2.1.1 Base Lubricante

Las grasas lubricantes también se clasifican según la preponderancia de sus componentes, por ello, la base lubricante contiene un porcentaje mayor en grasa (70%-95%) y esta se puede clasificar como: mineral, sintética o totalmente sintética; dependiendo del tipo de aceite incorporado en la base. En la tabla 1 se muestra la clasificación API² de aceites base.

Tabla 2.1: Clasificación API de Aceites base [6]

Categoría del Aceite Base	Azufre (%)	Compuestos Saturados (%)	Índice de Viscosidad
Grupo I	> 0.03	y/o < 90	80-120
Grupo II	≤ 0.03	y ≥ 90	80-120
Grupo III	≤ 0.03	y ≥ 90	≥ 120
Grupo IV	PAO's		
Grupo V	No incluidos en los Grupos I, II, III y IV		

² API (*American Petroleum Institute*) El instituto Americano de Petróleo se encarga de darle la clasificación a los tipos de lubricantes que existen en el mercado dependiendo de sus componentes para la aplicabilidad de estos mismo.

Según la API, los grupos clasificados en la tabla anterior tienen como aplicabilidad y son de tipo:

“ Grupo I – Refinado con solvente, tiene buen poder solvente, vulnerables a la oxidación y degradación térmica. Mayoría de aplicaciones automotrices e industriales y para formular las grasas.

Grupo II – hidrocracking suave y eliminación de cera. Mejor resistencia a la oxidación y estabilidad térmica. Se utilizan en un amplio margen de aplicaciones automotrices e industriales.

Grupo III – hidrocracking fuerte, desparafinado y/o hidroisomerización, altos índices de viscosidad³ y muy buena estabilidad térmica y oxidativa. Se utiliza básicamente en el sector automotriz.

Grupo IV – Stocks base sintéticos desarrollados químicamente, tienen puntos bajos de fluidez, altos índices de viscosidad, estabilidad térmica excelente, y una buena estabilidad oxidativa. Se utiliza básicamente en el sector automotriz en motores especiales y aceites para engranajes.

Grupo V – Aceites base que no están incluidos en ninguna otra categoría como los nafténicos, ésteres y poliglicoles.” [7]

2.1.1.1 Aceites Minerales

Son productos obtenidos de la destilación del petróleo y están compuestos en su mayoría por hidrocarburos, siendo los más comunes en aplicaciones estándares. Se clasifican acorde a su origen: naftenico o parafínico.

- **Parafínicos**

Son los más utilizados gracias a su gran capacidad para resistir altas temperaturas. Los aceites que presentan alta viscosidad tienden a garantizar buena

³ Viscosidad es la medida de la fricción interna de un fluido.

resistencia a la oxidación; sin embargo, no son recomendados para bajas temperaturas ni son compatibles con espesantes (jabones de calcio o sodio).

- **Nafténicos**

En virtud de la composición de estas bases y su bajo contenido en ceras, mejoran la estabilidad en bajas temperaturas. Sin embargo, al ser débiles en altas temperaturas requieren que al utilizarlos se le añada algún otro componente para la oxidación.

2.1.1.2 Aceites Sintéticos

Son bases utilizadas en casos especiales por lo cual son más costosas. Son recomendadas en condiciones severas, como sistemas donde se presenten extremas temperaturas, diferentes presiones, etc. Estas se obtienen mediante la sinterización del petróleo y aceites naturales, los cuales se modifican molecularmente con el fin de obtener las especificaciones requeridas para la aplicación que se necesite. Las bases sintéticas más comunes son:

- **Polialfaolefinas (PAO'S)**

Las Polialfaolefinas, figura 1, son las bases sintéticas más utilizadas debido a su estabilidad térmica y su alto índice de viscosidad. Dependiendo de la aplicación y la combinación con los respectivos aditivos puede prolongar la vida útil del aceite, así como incrementar de espesor en la película lubricante. Cabe resaltar que tiene una capacidad limitada en la combinación con los aditivos, requiere de antioxidantes, tiene una baja tendencia a la formación de depósitos y una baja corrosividad.

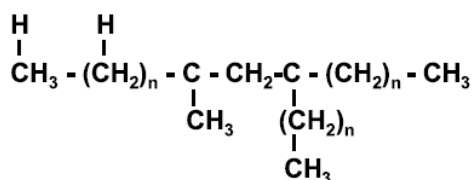


Figura 1. Polialfaolefina - Formula General [6]

- **Ésteres**

Los más comunes son los derivados de los polialcoholes (los grupos OH), obteniendo así una buena estabilidad térmica (amplio rango de temperaturas de

trabajo), solvencia, resistencia, no deja depósitos y baja volatilidad. Aun así, hay que tener precaución ya que debido a su estructura es capaz de disolver barniz y sedimentos, no es muy bueno ante la oxidación y puede ocasionar hidrólisis si no se llega a combinar con los aditivos adecuados. En la figura 2 se evidencian ejemplos de aceites con la forma molecular ‘Ester’ fabricados para turbinas de gas, los cuales, acorde a su aplicación, pueden soportar exigencia en altas temperaturas.

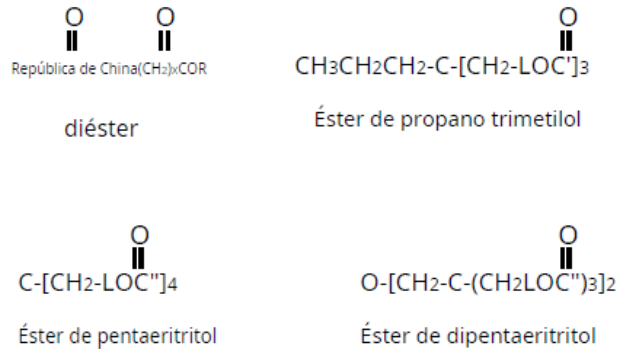


Figura 2. Esteres de Aceite [10]

- **Poliglicoles (glicoles polialquenos)**

Presentan alta conductividad térmica e índices de viscosidad, es un compuesto bastante agresivo por lo tanto es utilizado en aplicaciones donde se encuentren juntas y pinturas especiales.

2.1.1.3 Aceites Naturales

Son bases que se crean a partir de esterres extraídos de aceites vegetales, como los de colza, canola, soja, palma, girasol y coco. Estos son utilizados en trabajos ambientalmente sensibles. Pero no son muy frecuentes debido a su alto costo, tampoco no lo favorece mucho los malos olores que genera, no tiene una buena oxidación a altas temperaturas, y tiene limitaciones en las aplicaciones que influyan de altas velocidades y carga. [10]

2.1.2 Espesantes

Esta sustancia es de tipo red tridimensional encargada de solidificar el fluido (darle consistencia⁴) atrapando el aceite mediante fibras o partículas; determinando la calidad final y algunas propiedades de la grasa, ya que suministra propiedades como resistencia al agua, calor, bombeabilidad⁵, punto de goteo⁶, la capacidad de sellado y resistencia en altas temperaturas. La consistencia de la grasa depende del espesante, y este a su vez depende de la viscosidad del aceite base; ya que, si se tiene un aceite altamente viscoso, se necesitará una consistencia menor de espesante, aunque se debe considerar la aplicación o el objetivo que se quiere alcanzar con la grasa. Los tipos de espesante más comunes son los que se categorizan con base jabonosa (de metal) y espesantes con base no jabonosa (No metálicos).

2.1.2.1 Espesantes Metálicos

El espesante metálico se diferencia por sus componentes de litio, calcio, sodio, aluminio y bario. Por medio de la saponificación, la cual consiste en reaccionar una sustancia alcalina o alcalinotérrea y un ácido graso o éster (vegetal o animal), se obtiene el espesante metálico simple o complejo dependiendo de las reacciones que se utilicen. Estos espesantes de base metálica tienen en común estabilidad térmica hasta el punto de goteo en donde el espesante no llega y puede llegar a fundirse, por ende, la resistencia cambia dependiendo de la aplicación que se requiera y tipo de base jabonosa que se escoja.

⁴ Consistencia es la resistencia a la deformación cuando se le aplica una fuerza, depende del tipo y concentración de espesante usado junto a la temperatura de operación, y se mide por medio del índice NLGI el cual consta de la profundidad de la penetración y si ha sido alterada por el trabajo mecánico se utiliza la norma ASTM D217 y D1403 para mirar la penetración de donde debería trabajar o no. Si la consistencia es baja, es una grasa blanda donde podría gotear durante la operación, y si es de una consistencia alta, son grasas rígidas en donde pueden evitar el fácil movimiento entre los elementos mecánicos. [17], [18].

⁵ Bombeabilidad es la facilidad que tenga la grasa para ser empujada o dosificada en un sistema que requiera lubricación. [17].

⁶ Punto de Goteo es la temperatura a la cual el espesante cambia de estado sólido a líquido, esto se identifica cuando la grasa suelta la primera gota de aceite, esto normalmente se confunde con la máxima temperatura de operación de la grasa, pero no es lo mismo ya que esta trabaja normalmente de 40 a 50°C por debajo del punto de goteo. [11].

2.1.2.2 Espesantes Metálicos Simples

Las grasas de jabón de metal más habituales se basan en un metal puro como el litio, calcio, sodio, entre otros.

- Espesante de Aluminio: Este tipo de espesante se utiliza en situaciones húmedas y/o para lubricar cojinetes de baja velocidad, debido a su bajo punto de goteo que es aprox. de 110°C, aunque contiene una buena resistencia al agua. Inhibe la corrosión, y no es tóxico, por lo tanto, es preferido en industrias alimenticias.

- Espesante de Sodio: Este espesante presenta una textura fibrosa áspera, esto debido a que su estructura es un ácido graso reaccionando con un hidróxido sódico en un medio de aceite mineral. Esto le da capacidad de tener un punto de goteo alrededor de 200° C, excelentes propiedades de corrosión y antiherrumbre, así como mala resistencia al agua. Son recomendados para máquinas o equipos que necesiten lubricación constante, ya que son de poca facilidad de uso, susceptibles a transiciones de fase y endurecimiento rápido.

- Espesante de calcio: De igual forma que el anterior se forma en un medio de aceite mineral, pero con la diferencia que su reacción se da entre un ácido graso y el hidróxido cálcico; adicional se le agrega cierta cantidad de agua con el fin de darle mayor estabilidad y una máxima de trabajo es de 80°C. Se caracteriza por tener una consistencia fibrosa empaquetada con textura suave, sin transiciones de fase y con buena bombeabilidad. Además, tiene bajo punto de goteo, por ende, tiene una baja estabilidad térmica. Con dicho espesante también se puede realizar una derivación del 12-hidroestearico para darle mayor estabilidad térmica (120-130°C). Es económico y se utiliza en la lubricación de bombas de agua, y máquinas en condiciones bajas de trabajo.

- Espesante de litio: Posee punto de goteo alrededor de 180°C, con una temperatura máxima de trabajo de 140°C, con alta resistencia a la pérdida de consistencia. Tiene excelentes propiedades anti-herrumbre, selladoras, corrosión y moderada resistencia al agua.

2.1.2.3 Espesantes Metálicos Complejos

Los espesantes metálicos complejos contienen una mejor estabilidad térmica, ya que se componen por la saponificación de ácidos grasos con otros agentes complejantes (otros compuestos polares). Esto le permite mejor resistencia al agua y la estabilidad al corte⁷. entre los espesantes complejos están:

- Espesante de Calcio: Son las primeras grasas de espesante complejo que se crearon con un punto de goteo de 250°C. Tienen la capacidad mantener la consistencia a elevadas temperaturas y contiene propiedades de máxima presión, pero regulares propiedades a baja temperatura, por lo que normalmente se utilizan para lubricar rodamientos que funcionen de 160 a 200 °C.
- Espesante de Litio: Soporta altas temperaturas de trabajo (aprox. 175°C), ya que tiene su punto de goteo a 260°C. También demuestra alta resistencia al lavado por agua y estabilidad estructural.
- Espesante de aluminio: Se compone por una estructura fibrosa pequeña que la diferencia del resto de las grasas ya que es la única que lo tiene y por lo tanto le brinda más propiedades. Esto la convierte en la mejor en bombeabilidad, y en su fabricación, ya que requiere menos espesantes. Por último, tiene un punto de goteo alrededor de 260°C, con una máxima resistencia al agua.

⁷ Estabilidad al Corte es un análisis del estado de la grasa con el fin de mantener la viscosidad optima dentro de los intervalos operativos frecuentes, los compuestos con mejor estabilidad mecánica son los espesantes con complejo de litio simple. [12]

2.1.2.4 Espesante de Base No Metálica

Los espesantes con base no metálica se clasifican por sustancias inorgánicas o por orgánicas sintéticas y se mezclan frecuentemente con bases minerales o sintéticas. Las más utilizadas son:

- Policarbamida (Poliurea): Está compuesta por polímeros de urea como se puede ver en la figura 3, en donde se utilizan en aplicaciones de altas temperaturas debido a su rango de aplicabilidad de -40 a 180 °C, Estos rangos de temperatura dependen también de los cambios de la fórmula que se le dé. Se usan frecuentemente debido a su falta de ceniza, por lo cual no deja restos minerales cuando se degrada la grasa; no obstante, su gran desventaja es el método de fabricación, ya que es un método altamente contaminante por su descomposición toxica.

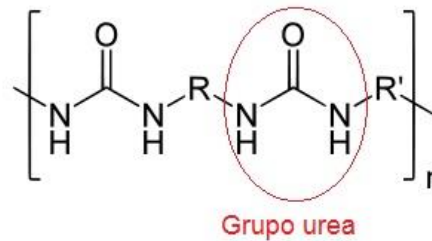


Figura 3. Estructura molecular de Poliurea

Esta base no jabonosa tiene propiedades de buena resistencia al agua, estabilidad térmica con un punto de goteo de 240°C , Alta durabilidad, buena estabilidad a la oxidación, alta viscosidad; lo cual le permite volver a sus condiciones normales a temperatura ambiente. Aun así, son caras y se bombean mal.

- Arcillas: En las grasas se utilizan arcillas orgánicas modificadas. La gran mayoría consisten en bentonita, que es una arcilla formada a partir de ceniza volcánica y altamente resistente a la temperatura. Esta también contiene compuestos químicos como aminas cuaternarias, que le dan a la arcilla sus propiedades industriales como la disolvencia, difícil quiebre al

cizallamiento y con posible reversibilidad en la pérdida de viscosidad. Normalmente se utilizan en aplicaciones aeroespaciales.

- Bentonita: Es una arcilla compuesta por ceniza volcánica de baja sensibilidad respecto a las variaciones de velocidad de temperatura. Esta se caracteriza porque no tiene punto de goteo, presenta alta temperatura de operación, es resistente al agua y buena resistencia al sangrado; pero si se excede de su temperatura máxima (150°C) se carboniza convirtiéndose en grumos. [14]
- Silicona: La silicona es un compuesto que contiene largas cadenas de polímeros lineales con buena flexibilidad, pero bajas interacciones moleculares, dándole así las características de una baja temperatura de transición. No soporta cargas debido que a temperatura ambiente permanece en estado líquido y no tiene punto de goteo. [15]
- Fluoradas: Es un compuesto halógeno con una estabilidad química para altas y bajas temperaturas, así como altas cargas. Este compuesto se puede utilizar en la mayoría de las aplicaciones de lubricación, debido a su rango de temperaturas y vida útil. [16]

2.1.3 Aditivos

Los aditivos en la grasa y aceite se utilizan para mejorar las características y propiedades dependiendo de la aplicación, estos compuestos realmente se constituyen en las grasas típicas de un 0 a 15%. Las funciones principales que cumplen los aditivos en las grasas son:

- Control de oxidación: Aumenta la capacidad de resistencia al agua del aceite, con el fin de generar menos daño en la maquinaria.
- Vida útil prolongada: Mejor capacidad de resistencia al desgaste, como el bloqueo de filtros y otros aspectos contaminantes.
- Fluidez: Permite modificar la conductividad eléctrica con el fin de que sea más fina.
- Mayor protección: En general pueden aportar mayor temperatura de trabajo, para una mayor protección y evitar posibles fallos de lubricante.

Para el correcto uso de los aditivos y tener una mejor estabilidad en la grasa, se debe tener en cuenta los requerimientos de la aplicación, además de la biodegradabilidad para tener

consideración el medio ambiente, color, compatibilidad con los aceites, así como el costo al ser elevado. Existe diferentes tipos de aditivos, los más comunes están registrados en la tabla 2.1.1.

Tabla 2.1.1 Tipos de Aditivos

Antioxidantes	Antiespumantes	Extrema Presión (EP)	Anticorrosivos/Protectores
Impide: Oxidación, formación de ácidos, lodos, descomposición, e incremento de viscosidad.	Impide: burbujas de aire.	Impide: Fricción.	Impide: La corrosión, Alta resistencia al agua.
Se componen por: Amínicos, ZDDP o fenólicos.	Se componen por: Siliconas, ácidos grasos, polietilenglicol y alginato de calcio	Se componen por: compuestos sulfurados, compuestos clorados, fosforo, naftenatos, etc.	Se componen por: Esteres, sulfonatos, sales de ácidos carboxílicos, ceras y petrolatum.
Aumenta la vida útil del lubricante.	Humedece la espuma	Protege contra las micro soldaduras en frio, y tiene mayores cargas	

[6], [17]

2.1.4 Desventajas de Lubricación con Grasa

- Limita la velocidad de operación de los rodamientos
- Menor transferencia de calor.
- Puede no ser uniforme.
- No permite la eliminación de contaminantes sólidos.
- Menor resistencia a la oxidación.
- Su almacenamiento debe ser más riguroso.
- Se debe ser cuidadoso en la compatibilidad con otras grasas.

2.1.5 Ventajas de Lubricación con Grasa

- Mayor confiabilidad de la máquina.
- Mejor desempeño en el arranque.
- Disminuye problemas de sellado.
- Lubricación adicional de las superficies.
- Reducción de la contaminación.
- Mantiene mejor en suspensión ciertos aditivos.
- Se puede lubricar en equipo con movimiento.
- Entrada a presión de la película lubricante.

2.2. Lubricación por Aceite

La lubricación por aceite, también llamada lubricación líquida, es uno de los métodos más utilizados que ayuda a amortiguar y refrigerar por medio de la disipación del calor. El aceite es usado normalmente en rodamientos debido a su función de girar a altas velocidades o en condiciones donde no se puede usar grasa. El aceite funciona cuando el calor de la fricción⁸ debe ser removido del sistema, como por ejemplo en componentes adyacentes (piñones, etc.). Una de las ventajas más comunes de la lubricación por aceite es que puede ser filtrado y sometido a controles de calidad para mejoras de funcionalidad de las máquinas.

Así como las bases en las grasas, en la lubricación también hay diferentes tipos de aceites como los sintéticos que están compuestos por hidrocarburos (polialfaolefina “PAO”, poliisobutileno “PIB”, dialquilaromaticos), ésteres de ácido carbocílico, polialquilenglicol, silicona y ésteres fluorados. Estos son aceites con mejor reducción en las fuerzas de fricción que los aceites de base mineral. De igual manera tiene aditivos para mejorar sus propiedades, también se pueden identificar en la tabla 2.1.1.

⁸ La Fricción es el calor del movimiento que se genera del equipo y la posibilidad de contacto de las superficies.

2.3. Práctica de Lubricación

Teniendo en cuenta los tipos de lubricación y las diferentes capacidades que brindan los componentes de las grasas y los aceites, su manejo adecuado también abarca una parte importante de la vida útil de los lubricantes en una organización. Por ende, es necesario tener en cuenta las buenas prácticas de lubricación, ya que no es solo cuestión de escoger el lubricante para la aplicación que se necesite; también existen otras variables que normalmente no se consideran y en las cuales las empresas no invierten hasta que llegan a una escala mundial en pro de su crecimiento. Por ende, aunque se quiera realizar un cambio, no será representativo debido a estas variables; ya que, además de seleccionar un lubricante de calidad, también debe ir acompañado de una correcta practica de lubricación para lograr un impacto significativo, de valor y confiabilidad.

Para una buena práctica es necesario seguir los pasos evidenciados en la figura 4:



Figura 4. Diagrama Practica de Lubricación

En la figura 4 podemos ver que, para una lubricación activa, primero y como base sólida, se tiene que seleccionar el lubricante correcto, por medio de los estándares en donde se tienen en cuenta ciertas variables, las cuales son:

- Aplicación: Para conocer el mejor modo de aplicación, se debe poner a prueba el lubricante en términos de a que temperatura trabajará, velocidad, materiales, y en el medio ambiente en el que estará.
- Viscosidad: Según la aplicación se relaciona la viscosidad, ya que este índice da la capacidad de fluidez del lubricante en su aplicación.
- Aditivos: Dependiendo de las dos variables anteriores, se determina qué tipo de aditivo necesita el lubricante para cumplir con el objetivo de la aplicación.

El segundo paso a seguir es la cantidad correcta de lubricante, en donde su fin es prevenir fallas de alta temperatura, desgaste abrasivo y desgaste adhesivo. Además de prevenir el exceso de re-lubricación y producto desperdiciado, que a fin de cuentas es un contaminante más, incluyendo que es un costo extra para cualquier organización.

El tercer paso es lubricar en el momento exacto, este ítem y el anterior van de la mano ya que se debe tener una sincronización de estos dos pasos para influir de una manera positiva en el sobrecalentamiento, desperdicio y contaminación. Detectando así por el tipo de lubricante, la frecuencia, cantidad y método de lubricación.

Para que los pasos anteriores den resultados reales, se debe considerar el punto correcto de aplicación, ya es más difícil romper el sello de lubricación en un punto del activo, que rompiéndolo en varios y dejando que la contaminación ingrese por los diferentes puntos de lubricación.

En el quinto paso de buenas prácticas se deben de tener en cuenta:

- Herramientas Adecuadas:

Para la lubricación existen varias formas de realizar la lubricación por puntos estratégicos dependiendo de los activos que se tenga en la organización, como lo son:

Graseras/Aceiteras Manuales: Esta herramienta debe ser usada cuando se trate de lubricación en pocos puntos y que requiera lubricación rutinaria. Son herramientas muy útiles, pero que en la realidad no son manejadas de una forma correcta; ya que, al ser un elemento de manejo por parte de técnicos y/o personal no calificado, a veces no se guían de las recomendaciones de su uso, incrementando la contaminación cruzada, o mezcla de grasas o aceites.

Pistola de Engrasadora Neumática: Esta herramienta debe ser usada en equipos en línea, con una ruta larga y que necesiten lubricación en un determinado tiempo. Ya que su sistema de neumático ahorra tiempo y obra manual.

Estos métodos son los más utilizados, pero no los únicos, ya que existe gran variedad de aplicaciones, pistolas y formas de lubricación dependiendo de la magnitud de los activos, o rutas que la organización tenga. Por otro lado, existen los lubricadores automatizados, de grasa u aceite, en donde se programa el tiempo de frecuencia y cantidad de lubricante que requiera el activo, colocándolo en un punto que lo requiera, generando gran beneficio y aplicación de lubricación adecuada.

Estas herramientas se seleccionan dependiendo de la capacidad de la empresa, ya que varían en precio, tamaño y tipo de aplicación a la que se requiera. Cabe resaltar que cada una tiene limitaciones y recomendaciones que es de suma importancia tener en cuenta para la correcta práctica de lubricación.

- **Correcta Marcación de Puntos de Lubricación:**

Como ya se mencionó anteriormente, es importante tener un punto estratégico de lubricación, y como no siempre será el mismo personaje que realice la ruta de lubricación es recomendado tener una marcación adecuada en los puntos que se necesite lubricación rutinaria. Con el fin de evitar roturas de sello innecesarias o por error de obra.

- **Graseras o Método de Lubricación Limpios:**

Es de gran importancia mantener una limpieza de los suministros e implementos correcta, ya que para el lubricante cualquier agente externo nos afecta la vida útil del mismo en la aplicación.

- **Correcta Manipulación del Lubricante:**

En la correcta manipulación del lubricante es más asesoramiento a las personas que lo van a manipular constantemente, almacenamiento, y manejo en el momento de utilizarlo, ya que este error es muy frecuente en cualquier tipo de empresa.

- **Almacenamiento Adecuado:**

El almacenamiento de los lubricantes debe ser riguroso. Esto por seguridad tanto del personal como a nivel ecológico, así como tener un buen control de la calidad de los

lubricantes. La mejor manera de tener un buen almacenamiento de lubricantes es de la siguiente manera:

- a. El almacén no debe tener piso de tierra ni estar en lugares donde la atmosfera contenga contaminación en polvo (tierra, cal, etc.) para evitar contaminaciones, aunque sea en el exterior del envase.
 - b. Debe estar techado y cerrado en los costados de ser posible para evitar el efecto de las lluvias laterales.
 - c. Es importante tener una muy baja variación de temperatura entre el día y la noche para evitar condensaciones de humedad.
 - d. Es ideal colocar los envases en estanterías de almacenamiento.
 - e. Se debe tener herramientas para el movimiento correcto de los tambores y baldes (auto elevadores).
- Cumplimiento de las Rutinas y Ensayos:

Por medio de rutinas de lubricación y supervisiones, se busca prevenir múltiples fallas que se presenten con frecuencia, para así poder tomar decisiones, por ende, es de suma importancia realizar la rutina planeada por el ingeniero, con la frecuencia que se determinó, con el fin de prevenir de la manera adecuada y tomar decisiones para tal fin. Con los ensayos que se puedan realizar debido a las rutinas, es más certero el resultado de ella, para así tener una interpretación más adecuada y realizar cambios de ser necesarios.

Para el paso 6 de análisis de aceite⁹, depende de la capacidad económica de la empresa, pero es un análisis muy beneficioso para la organización, ya que por medio de este se puede determinar tipos de contaminantes, y determinar posibles fallos mecánicos.

⁹ Análisis de Aceite es la oportunidad de evitar fallos asociados a lubricación e incrementar la vida útil de los equipos por medio del análisis de datos en donde se ve involucrada la viscosidad, oxidación, acidez, y caracterización de partículas contaminantes, con el fin de disminuir las averías en los activos rotativos de las compañías, y poder incrementar el tiempo de disponibilidad para la producción generando ahorros a las empresas.

Capítulo 3. Modelos de Gestión

“El modelo de gestión es un esquema de planificación o desempeño que interrelaciona personas, tecnología y procesos como pilares de toda organización, permitiendo a esta en primer lugar el realizar un diagnóstico, en segundo lugar, determinar las áreas de mejora sobre las cuales hay que actuar, en tercer lugar, evaluar y finalmente plantear los posibles cambios a adoptar. Un Modelo de Gestión es un referente estratégico.” [21]

Un modelo de gestión es una manera eficaz de promover la mejora continua en cualquier empresa, organización, método o sistema en donde se definen actividades y objetivos que alcanzar. En estos se busca aplicar nuevas técnicas a implementar o mejorar en una empresa, con el fin de unificar todas las tareas de la compañía para facilitar la toma de decisiones y el análisis de datos. En los últimos años los sistemas de gestión han tomado fuerza como una herramienta primordial para las empresas de cualquier tipo. En la Figura 5 podemos ver de forma clara cómo se componen los modelos de gestión.



Figura 5. Modelos de Gestión [21]

Existen diferentes tipos de modelos de gestión, dependiendo del objetivo de la empresa y los principios que manejan. Los autores Julián Birkinshaw y Jules Goddard Investigadores del *Centre for Management Development* de la *London Business School*, determinaron cuatro tipos de modelos por medio de varias investigaciones, los cuales son:

Modelo de Planificación:

El modelo de planificación tiene como fin ayudar a empresas con una organización más controlada a que tengan un alto rendimiento en el mercado; donde su situación pueda ser predecible y tenga visión-reglamentos determinados. El modelo se orienta por medio del control disciplinario y de gestión, donde los objetivos se deben determinar a corto plazo. Además, la toma de decisiones es jerarquizada como se puede evidenciar en la figura 6.

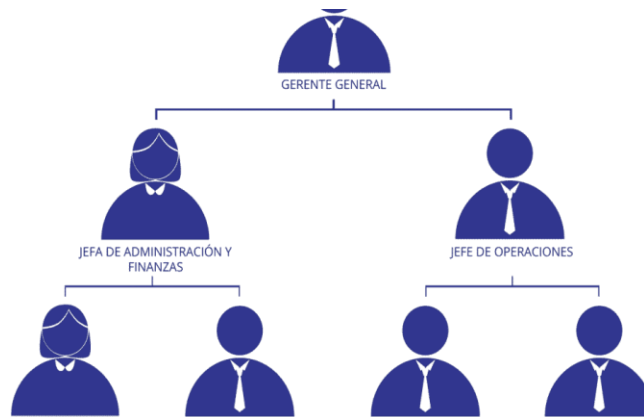


Figura 6. Organigrama de una Empresa Pequeña [22]

Aquí podemos ver que la toma de decisiones la desarrolla un líder y por debajo de él se realizan las tareas respectivas acorde a las áreas de la compañía para cumplir con los objetivos macro de la empresa.

Modelo de Búsqueda:

El modelo de búsqueda se compone de las empresas dinámicas con alta competitividad y que están en pro del crecimiento. Este tipo de organizaciones son más flexibles en la cadena de toma de decisiones y organización de las tareas ya que el empleado tiene la libertad de resolver problemas. Por lo cual, buscan actuar en pro de los objetivos de la organización, mediante formas de manejar las cosas haciendo uso de nuevas alternativas, actividades e innovaciones. Este tipo de empresas tienen las puertas abiertas ante cambios y alternativas nuevas de mejora y crecimiento.

Modelo Científico:

El modelo científico es una alternativa de la planificación, pero se da la libertad de la manera de llegar a los objetivos sin dejar de controlar los medios; también se busca nuevo conocimiento y a

la toma de decisiones no son muy estrictas. De esta manera los trabajadores actúan con mayor motivación, incitados por la iniciativa apegándose a ciertas normas y parámetros.

Modelo del Descubrimiento:

Por último, en el modelo del descubrimiento es uno de los modelos más flexibles tanto con los empleados, como con los objetivos de la organización, pero dar demasiada libertad puede verse no muy beneficioso. Aun así, puede funcionar para aquellas organizaciones que están iniciando, y también es posible implementarlo en organizaciones que están estancadas en su crecimiento, ya que buscan un cambio, y por medio de esta brecha se puede obtener más información, innovación y cambios positivos.

Acorde a lo anterior, se determinaron varias ventajas para las organizaciones que quieren optar por un modelo de gestión propio, las cuales son:

- Orientar de una mejor manera el personal para cumplir con los objetivos de la organización y poder lograr una ventaja competitiva.
- Disminuir riesgos de la empresa.
- Tener una mejor visión para lograr los objetivos de la organización.
- Tener un mejor control del cumplimiento de los objetivos y tareas asignadas.
- Posibilidad de encontrar y mejorar áreas en la organización.

Esto se logra por medio de indicadores de gestión, ya que es un instrumento de medida para poder identificar el comportamiento y desempeño de una organización, proyecto, proceso etc. Donde gracias a las bases de datos generadas en los modelos se puede comparar con estos referentes y analizar posibles desviaciones para así tomar decisiones, generar tareas y manejar los problemas de una manera correctiva en caso de que sean alteraciones críticas y preventivas llegado el caso de que se presenten de una manera más frecuente o a largo plazo.

Este indicador es de suma importancia, ya que da la posibilidad de predecir tendencias positivas o negativas en los procesos, organización, etc. Dando así posibilidad de actuar de una manera más rápida y efectiva. De igual manera estos se implementan para áreas determinadas y procesos frecuentemente que necesitan observación debido a su función, por ello, un indicador se debe caracterizar por:

- Manejo: Deben de ser indicadores de fácil accesibilidad y bajos recursos para su manejo.

- Fácil Comprensión: Para la toma de decisiones y análisis.
- Cumplimiento: Si se implementa es de suma importancia el rol de los empleados a la toma de estos indicadores.
- Su Especificación: El indicador debe de ser útil y estratégico.
- Precisión.

3.1. PHVA "Planear, hacer, verificar y actuar"

Teniendo la definición de los modelos de gestión y sus ventajas, existen muchos tipos de modelos de gestión de diferentes autores según área, como los son administrativas, financieras, productoras, etc. Dicho esto, el PHVA en un enfoque de gestión simple, con el fin de probar cambios en procesos, problemas y soluciones para optimizar la organización, debido a su sencillez y asertividad.

El ciclo PHVA está conformado por cuatro pasos: planear, hacer, verificar y actuar, como lo muestra la figura 7, donde se ejecuta de manera lineal; empezando por planificar y terminando en actuar, convirtiéndose en un proceso cíclico. Cada etapa consta de:

Planear:

Esta etapa se encarga de comprender el estado actual y el objetivo por lograr. Esto por medio de la definición concreta de objetivos, el cómo alcanzarlos y como seguir su progreso. En caso de haber terminado un ciclo anterior, se procede a analizar el pasado y a mejorar con el fin de alcanzar los objetivos.

Hacer:

En esta etapa se realiza prueba de los cambios, o se ejecutan los objetivos propuestos en el primer paso mediante la recolección de datos e información sobre los cambios que se dispongan. Como es una etapa correctiva se verifica, para verificar si la planeación es correcta y no afecta otros factores o equipos que se puedan interrumpir en la organización y/o empresa.

Verificar:

Esta etapa es de examinar los cambios de la etapa anterior mirando los efectos que haya podido generar, por medio del análisis de información recopilada, comparándola con los objetivos y metas de la primera etapa. Aquí también se debe analizar el enfoque para corregir y encontrar la solución adecuada, en caso de que se realizaran cambios en esta etapa se puede volver a repetir la etapa de verificar para poder pasar a la siguiente.

Actuar:

Esta es la etapa final del ciclo en donde se deberán ver los cambios de nuevos o mejorados productos, procesos, o problemas solucionados y se hayan analizado en la etapa anterior. Pero que sea la etapa final del ciclo no significa que deba ser la última, ya que en esta etapa se pueden generar más cambios, o encontrar nuevos problemas que nos haga volver al inicio del ciclo.



Figura 7. PHVA: Procedimiento Lógico y por Etapas para la Mejora Continua [23]

El PHVA es muy eficaz y útil ya que brinda estandarización, mediante la guía en el trabajo para solución de problemas o mejora del ambiente laboral continuamente; ya que tiene un enfoque de gestión de control de calidad con distintos niveles de complejidad y éxito. Pero para asegurar su eficacia es recomendado realizar más de un ciclo para ver cambios representativos, ya que este método no realiza cambios en donde se requiera una solución inmediata.

3.2. PHVA en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo

Un ejemplo de PHVA es el que se implementó en el Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el trabajo para MiPymes (SG-SST) determinado por el Decreto 1072 de 2015. En dicho sistema se garantiza que sea un procedimiento lógico y por etapas para el mejoramiento continuo de las PYMES en Colombia por medio de los 4 pasos que lo componen. Estos se correlacionan por medio del cumplimiento de 10 pasos que exige el ministerio del trabajo en su guía técnica de implementación del SG-SST para MiPymes en el cual son:

‘ Planificar

Paso 1: Evaluación inicial del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Paso 2: Identificación de peligros, Evaluación, Valoración de los Riesgos y Gestión de los mismos.

Paso 3: Política y Objetivos de Seguridad y Salud en el Trabajo

Paso 4: Plan de Trabajo Anual del Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo y asignación de recursos

Hacer

Paso 5: Programa de capacitación, entrenamiento, inducción y reinducción en SST.

Paso 6: Prevención, preparación y respuesta ante emergencias.

Paso 7: Reporte e investigación de incidentes, accidentes de trabajo y enfermedades laborales.

Paso 8: Criterios para adquisición de bienes o contratación de servicios con las disposiciones del SG-SST.

Verificar

Paso 9: Medición y evaluación de la gestión en SST.

Actuar

Paso 10: Acciones preventivas o correctivas.'' [24]

3.3. Modelos de Gestión en Lubricación

Como se pudo ver en el ejemplo anterior, para los trabajadores de Mipymes existe un modelo de gestión propuesto para su salud y seguridad. No obstante, para los equipos y necesidades particulares de las maquinarias por el momento no existe evidencia, ni modelos que abarque este mercado. Es por esto que se ven afectadas por la mala práctica de lubricación, ya que, según una encuesta efectuada por *machinerylubrication*, el 81% de las fallas se efectúan por la mala práctica de la implementación de lubricación en elementos que lo requieran. Además, por la mala práctica y falta de conocimiento, hay una gran parte de contaminación que afecta el medio ambiente y que podría ser prevenible. En el caso de Bogotá, al año 2021 el *''99% de empresas son MiPymes donde 88% corresponde a microempresas (407.503), seguidas por las pequeñas (8.8 %) con 41.062, y medianas (2,5 %), es decir, 11.851. Las grandes empresas representan el 0.8 % con 4.091 unidades''* [25].

Por lo tanto, esta población de MiPymes abarca el *'90% del sector productivo nacional y generan el 35% del PIB y el 80% del empleo de toda Colombia'* [26]. Teniendo así un gran porcentaje de contaminación que no ha sido debidamente analizado ni ha tenido propuestas de solución o prevención. Sin embargo, existen varios modelos de gestión de lubricación que se implementan en grandes empresas, como por ejemplo el modelo de gestión de lubricación de SKF que se puede evidenciar en la figura 8, en el cual se enfocaron aplicando las 5C que la definen como *''El lubricante correcto, en la cantidad correcta, que alcanza el punto correcto en el momento correcto con el método correcto''* [27].



Figura 8. Proceso de Gestión de Lubricación SKF [27]

Otro ejemplo de modelo de gestión de lubricación es el que se puede evidenciar en la figura 9. (a), Consiste en un programa de lubricación de Noria, en donde siguen 6 pasos claves centrados

en confiabilidad. Por medio de la identificación general de debilidades y fortalezas para así poder alcanzar los objetivos propuestos de corto o largo plazo.

Por ello el gráfico de la figura 9. (a) se basa en el diagrama de araña evidenciado en la figura 9. (b), que es el primer paso para tener un programa de lubricación exitoso; ya que por medio de esto se logra identificar de una manera más rápida y sencilla las debilidades y fortalezas de la empresa, puesto que la herramienta permite dar una visión más general, para poder analizar detalladamente los problemas de cada área.

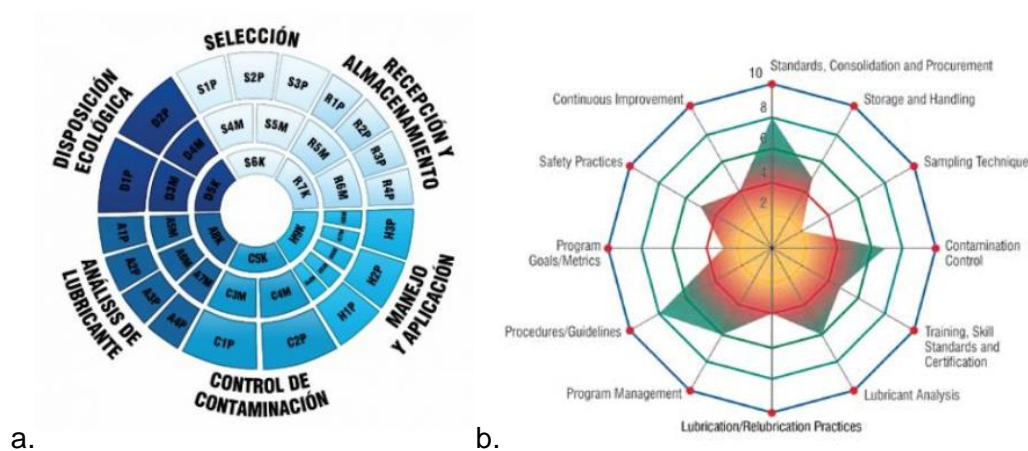


Figura 9. Programa de Gestión de Lubricación (a. Modelo de Gestión de Lubricación Noria [28], b. Diagrama de Araña [29])

Y por último el tercer ejemplo se trata del programa de gestión de lubricación de *PURE Lubrication* evidenciado en la figura 10, en donde combina las necesidades del cliente con soluciones flexibles y adaptables para cualquier negocio, en donde se basa en reducir riesgos y aumentar eficiencia.



Figura 10. Programa de Gestión de Lubricación PURE. [30]

Capítulo 4. Modelo de Gestión de Lubricación Propuesto

Como se mencionó en el capítulo anterior, la lubricación es una parte importante de la vida útil de los elementos en contacto donde sus principales problemas son la constante exposición a la humedad, suciedad, polvo, mal manejo de las temperaturas, y en otros factores externos el mal manejo del lubricante en la aplicación.

Por ello existen programas de lubricación adecuados con el fin de tener un mejor control realizando una planificación y gestión de lubricación, con el fin de tener mejora continua en los sistemas y disminuir los problemas a los que se enfrentan las piezas mecánicas en contacto. Por ende, se planteó un modelo de gestión de lubricación para PYMES en Bogotá, ya que no existe un modelo que abarque estas empresas, y que como bien se sabe es una gran porción de la economía en esa ciudad.

Por medio de un PHVA se planteó el modelo de lubricación, en donde dependiendo de los ingresos de la empresa, se estudiará la flexibilidad para tal implementación y estará centrado en la resolución de los principales problemas cotidianos de algunas empresas, los cuales pueden ser: Malas prácticas de lubricación, riesgos, y contaminación ambiental.

A continuación, se podrá observar el modelo de lubricación para PYMES en Bogotá propuesto y basado en un PHVA, en donde cada engrane significa:

- Planificar: Análisis de la Empresa

En este engrane se sitúan los primeros pasos que debe realizar la empresa, y que son los pilares básicos de toda PYME, los cuales están definidos como:

1. **Objetivos:** Primero que nada, se deben definir los objetivos que la empresa tenga a largo o corto plazo, ya que acorde a ellos se definirán los cambios necesarios para lograrlos.
2. **Estructura de la Empresa:** En este paso se resaltarán de manera general como está constituida la empresa, describiendo las habilidades, el nivel de competencia en el que se ubica y el conocimiento que ha adquirido o desea adquirir.
3. **Inventario y Control de Suministros:** En este paso se destacará el tipo de cuidado que se maneja con los lubricantes y dado el caso, la cantidad de lubricantes que se utiliza, además de mencionar si son los correctos para las aplicaciones asignadas.
4. **Definición de rutas de lubricación:** Con los objetivos planteados, la información general de la empresa, así como el conocimiento de los suministros existentes y su manejo, se procede a realizar la ruta de lubricación que se ejecutará en la empresa, en donde van involucrados los siguientes cambios principales y mínimos a implementar para la ruta:
 - **Correcto Almacenamiento de los Lubricantes:**
 - Marcación de seguridad industrial para almacenamiento.
 - NO piso en tierra.
 - Techado.
 - Espacio limpio y libre de contaminación.
 - **Manejo de Residuos de Lubricación:**
 - Acorde al instructivo para manejo adecuado de aceites y grasas usadas de la Alcaldía Mayor de Bogotá, los residuos deberán tener su propio espacio aislado de cualquier tipo de exposición personal, así como contacto con cañerías que lleguen a ríos, y tener una coordinación de entrega de residuos como por ejemplo con ECOLCIN¹⁰ u otras empresas en Bogotá que gestione de manera eficaz y certificada los residuos generados por la empresa.

¹⁰ ECOLCIN SAS centra su atención, brindando soluciones ambientalmente amigables, prestando servicios de excelente calidad en la recolección, movilización y reutilización de productos; catalogados como peligrosos de acuerdo al convenio de Basilea, generados en el desarrollo de actividades industriales, comerciales o de servicios.

- Evitar mezcla de grasas y aceites (preferiblemente que tengan cada uno su compartimiento).
- Evitar desecharlo por tuberías o cañerías.
- Recomendaciones de implementos industriales de seguridad en todo momento de manejo con residuos.
- Marcación adecuada de residuos tóxicos.
- Marcación Correcta
 - En la ruta de re-lubricación en los activos.
- Herramientas para Lubricación
 - Dependiendo de la capacidad de la empresa, si se maneja o no más de una grasa o aceite, y no se requiere de la capacidad de más de una herramienta para cada lubricante; es recomendado y de suma importancia no mezclarlas, ya que esto puede alterar las propiedades de los lubricantes, llegando a no cumplir con su respectiva vida útil.

Por lo tanto, se deberá mantener limpia la herramienta con cada lubricante, en busca de evitar cualquier tipo de contaminante externo, de igual forma con las grasas, disminuir a toda costa el contacto dedo-grasa o nariz-grasa.

Con las definiciones básicas nombradas anteriormente, se procede a realizar la ruta de lubricación en la empresa, para los activos que se les asigno una marcación en los pasos anteriores, en donde se deberá de recopilar la siguiente información o añadirla en el inicio de la ruta:

- I. Clasificación de activos a lubricar: Por medio de un registro, se clasificarán los activos y su vida útil, para allí mismo llevar el control de lubricación, en donde se recomienda un software gratuito que lleve el registro de los tipos de activos de una mejor manera, como por ejemplo la ERP¹¹.

¹¹ ERP '*Enterprise Resource Planning*', que significa "sistema de planificación de recursos empresariales", en donde además se puede planificar el mantenimiento según los activos de la empresa.

- II. Tipo de lubricante: Rectificar que el lubricante sea el adecuado para la aplicación de cada activo.
- III. Cantidad de lubricante: La re-lubricación lleva la cantidad adecuada de lubricante de acuerdo a su aplicación, no es recomendado sobresaturar el activo de lubricante.
- IV. Tiempos de lubricación: En caso de no tener data, el tiempo de lubricación de los activos será estandarizado por el manual, hasta tener una data más confiable y modificar la lubricación de acuerdo a la necesidad del activo.
- V. Herramientas de lubricación: En este paso se determinará la capacidad del tipo de herramienta que la empresa puede adquirir para la lubricación, y se seleccionará el mejor método para realizar la ruta.
- VI. Formato de cumplimiento de lubricación: Este formato deberá de llenarse cada vez que se haga la ruta de lubricación, para así ir generando una data más confiable, y en caso de ver alteraciones poder actuar de una manera más rápida.

➤ Hacer: Ejecución e Implementación

En el Hacer se procederá a implementar las recomendaciones planteadas en el engrane anterior con las sugerencias básicas a realizar, después de los cambios básicos, proceder a implementar la ruta de lubricación, para así ir actualizando el software, (los programas son gratuitos dependiendo del número de activos), e ir llevando el control de acuerdo a los cambios realizados en la empresa, junto con inspecciones regulares de inventario, y verificación del cumplimiento de la ruta, en donde se recogerán datos como:

- Muestras de análisis de Aceites y grasas (ver Anexo A)
- Control de registro en software

Cabe resaltar que estos cambios, por ser PYMES, no serán cambios drásticos en un tiempo corto. Deberán ser modificaciones flexibles que se irán implementado acorde a la capacidad de cada proceso. Dicho esto, en caso de no poder implementar primero lo sugerido en el ítem anterior, empezar por la ruta de lubricación asignada para los activos de lubricación, y empezar a generar una data. Mientras se lleva este proceso se irán implementando los cambios principales que se deben de realizar para el manejo y almacenamiento de los lubricantes. Este proceso a seguir no es el ideal, pero

al ser empresas aun en establecimiento, se puede manejar una flexibilidad en los procesos para la correcta implementación de este modelo de gestión de lubricación.

➤ Verificar: Evaluación

En este engranaje, de acuerdo a la data recopilada, el buen manejo del software y por las frecuentes inspecciones, se realizará un análisis con los datos estadísticos obtenidos por el sistema, resaltando los siguientes indicadores:

- Presupuesto en mantenimiento.
- Estado de los activos de los resultados de análisis de aceite y grasas.
- Inventario.
- Tiempos de mantenimiento.
- Hoja de vida de los activos.
- Costos de inoperatividad en el activo.
- Tareas de mantenimiento.
- Análisis de fallas.
- Proyección de presupuesto.

➤ Actuar: Progreso

De acuerdo al análisis de resultados del engrane anterior y sus indicadores se toma decisiones y se da soluciones acordes a los problemas, cambios y progreso que la empresa haya tenido.

En la figura 11 se puede ver el Modelo de gestión de lubricación propuesto y planteado en los ítems anteriores.

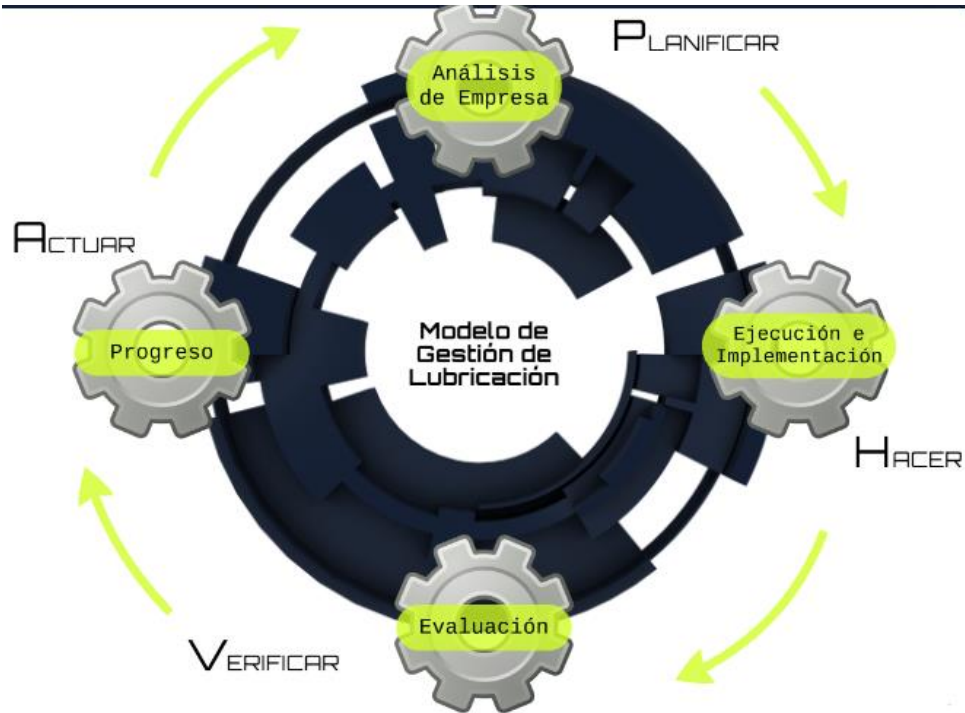


Figura 11. Modelo de Gestión de Lubricación Propuesto. -Autoría Propia

Capítulo 5. Conclusiones

En resumen, el modelo de gestión de lubricación propuesto es una base a futuro para que pequeñas empresas den grandes pasos hacia las buenas prácticas de lubricación, ya que como se mencionó anteriormente, no hay evidencias de un programa para PYMES, y la lubricación es una práctica poco valorada en cualquier ámbito empresarial.

La economía y el mayor porcentaje de generación de empleo lo brindan las PYMES, y debido a su crecimiento tras la pandemia, varias empresas han querido optar por programas de

mantenimiento preventivo; esto con el fin de disminuir gastos grandes a futuro, lo cual ofrece una oportunidad de implementar este modelo de gestión de lubricación en aquellas empresas que quieren crecer paulatinamente.

El crecimiento continuo que brinda el PHVA, ayuda no solo a la lubricación de las máquinas de las empresas, si no que los ayuda a reestructurar de una mejor manera sus objetivos y metas; lo cual se puede alcanzar por medio de las correctas asignaciones de tareas, tiempo, y costos, dándole así una optimización confiable y crecimiento continuo.

Debido a la falta de información y a la importancia de la lubricación, se orientó el modelo de gestión de forma más generalizada para las PYMES manufactureras en Bogotá, de modo que les sea posible modificarlo acorde a sus capacidades financieras y necesidades particulares de la empresa.

Este modelo será flexible ante la capacidad financiera de las PYMES, permitiendo uso de software gratuitos, implementos con buena relación calidad-precio y pruebas de análisis de aceite accesibles, además de brindar recomendación sobre el correcto uso e implementos.

Al implementar este modelo aportará a las empresas una mejor estructura, y bases para una orientación hacia lo correcto y adecuado, dando así una capacitación a los usuarios en donde se recalcará el tema ambiental, de manejo de residuos, con la corrección de hábitos ambiguos transmitidos de generación en generación. También este modelo puede utilizarse en el área de la ingeniería como un principio a modelos futuros para otros procesos mecánicos o una empresa en específico.

5.1. Recomendaciones


Acorde a lo anterior, se sugiere hacer un estudio sobre los rangos de costos invertidos en mantenimiento por PYMES, y así en base al modelo general, migrar a un modelo más detallado dependiendo de las necesidades sectoriales de las empresas manufactureras.

Por medio una auditoria implementar y llevar a su funcionalidad el modelo de gestión de lubricación propuesto.

Anexo A. Presupuesto Análisis de Aceite

Para realizar un estudio detallado del estado del aceite o grasa en un activo, sin tener el presupuesto para comprar un dispositivo analizador, se puede acudir a diversas empresas que prestan el servicio de análisis de aceite y grasa. Para una PYME el presupuesto es limitado, pero no es un valor lejano para estudios no tan regulares, pero con cierta periodicidad.

Un ejemplo es la cotización de muestras del estado del aceite por medio de una empresa en Bogotá R&R presentada en la figura 12:



MOVIMIENTO DE INVENTARIO
REMISIONES BOGOTA CARROTALLER

BODEGA		FECHA	
44		22/04/2022	

PAG 1

CLIENTE: [REDACTED]

CODIGO	PRODUCTO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL CON IVA
106	MUESTRA NIVEL ESSENTIAL	20	60,000	1,428,000


Figure 12. Cotización Muestra Nivel Essential de R&R

Bibliografía

- [1] Universidad de la Sabana. (2022). ¿Qué pasa con las pymes en tiempos de cuarentena? Pymes en tiempo de coronavirus. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://www.unisabana.edu.co/portaldenoticias/al-dia/que-pasa-con-las-pymes-en-tiempos-de-cuarentena/#:%7E:text=Pymes%20en%20tiempo%20de%20coronavirus,del%2080%20%25%20del%20empleo%20nacional>.
- [2] Luna, R. I. (2006). Las PYME en la economía global: Hacia una estrategia de fomento empresarial. Scielo. Recuperado 15 de febrero de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362006000300003&lng=es&tlng=es
- [3] Bancolombia. (2018). Todo sobre las pymes en Colombia. Portal Bancolombia. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://www.bancolombia.com/wps/portal/negocios/actualizate/legal-y-tributario/todo-sobre-las-pymes-en-colombia>
- [4] Noria Latin America, «Que es la tribiología» 2021.- <http://noria mx/lublearn/que es la tribologia/>
- [5] LEVSA. (2021, 2 septiembre). LA IMPORTANCIA DE LA LUBRICACIÓN EN LOS EQUIPOS INDUSTRIALES. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://levsalubricantes.com.mx/la-importancia-de-la-lubricacion-en-lo-equipos-industriales/#:%7E:text=Una%20buena%20lubricaci%C3%B3n%20ayuda%20a,y%20mejora%20de%20la%20productividad>.
- [6] A. Malaga y E. Aranzabe, (2014), «Grasas Lubricantes,,».-https://lubrication-management.com/wp-content/uploads/sites/3/2014/07/Principios_basicos_grasas_lubricantes_ES.pdf

-
- [7] Garage Gulf. (2019). Clasificación API de Aceites Base American Petroleum Institute – Garage Gulf. <https://www.garagegulf.com/productos-gulf/lubricantes-funciona-gulf/clasificacion-api-aceites/>. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://www.garagegulf.com/productos-gulf/lubricantes-funciona-gulf/clasificacion-api-aceites/>
- [8] rhenus. (2021). El espesante como componente de una grasa lubricante. rhenuslub. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://www.rhenuslub.es/el-espesante-como-componente-de-una-grasa-lubricante/>
- [9] GRASAS - Definición - Significado. (s. f.). MOTORGIGA. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/grasas-definicion-significado/gmx-niv15-con194332.htm>
- [10] ALS. (2019, 14 octubre). Lubricantes Biobasados: Guía Introductoria de este Material Biodegradable. Lubricantes Biobasados. Recuperado 17 de febrero de 2022, de <https://www.alsglobal.com/es-co/news/articulos/2019/10/lubricantes-biobasados#:~:text=Estos%20lubricantes%20son%20frecuentemente%20hechos,triglic%C3%A9ridos%20de%20los%20aceites%20vegetales.>
- [11] América, N. L., & América, N. L. (2017, 19 enero). Definiendo el punto de gota de una grasa. Noria Latín América. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://noria.mx/lublearn/definiendo-el-punto-de-gota-de-una-grasa/>
- [12] 5.3.- Estabilidad. (s. f.). Blog Estudiantil. Recuperado 5 de abril de 2022, de https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1464947489/contido/53_estabilidad.html
- [13] S. (2021, 14 julio). ¿Qué es la arcilla orgánica? Spiegato. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://spiegato.com/es/que-es-la-arcilla-organica>
- [14] A. (2019, 15 noviembre). ¿Que són los lubricantes de silicona? Antala Industria. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://www.antala.es/que-son-lubricantes-silicona/>
- [15] INTERFLON. (2022, 9 febrero). Interflon Fluor Grease 2. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://interflon.com/ar/productos/interflon-fluor-grease-2>
- [16] CRONASER. (2018, 16 abril). Aditivos para lubricantes: tipos y funciones. Cronaser - Lubricantes industriales y soldadura. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://cronaser.com/blog/aditivos-para-lubricantes-tipos->

funciones/#:%7E:text=Los%20aditivos%20son%20unas%20sustancias,o%20le%20a%20C3%B1aden%20otras%20nuevas.

- [17] Bhushan, B. (2001). *Modern Tribology Handbook*. Amsterdam University Press.
- [18] C. (2019b, julio 11). Fundamentos de las grasas. cmc-latam.com. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://cmc-latam.com/2019/07/11/fundamentos-de-las-grasas/#:%7E:text=La%20consistencia%20de%20la%20grasa,esa%20consistencia%20es%20llamada%20penetraci%C3%B3n>.
- [19] Román, A. (2012, 1 marzo). Modelos de gestión en las organizaciones de salud - Medwave. MEDWave. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/GES01/5329#:%7E:text=Modelo%20de%20gesti%C3%B3n%20es%20la,a%20las%20prioridades%20del%20sistema>.
- [20] Birkinshaw, J. (2009, 8 enero). What Is Your Management Model? MIT Sloan Management Review. Recuperado 5 de abril de 2022, de <https://sloanreview.mit.edu/article/what-is-your-management-model/#:%7E:text=A%20management%20model%20is%20the,define%20the%20work%20of%20management>.
- [21] Álvarez, L. F. (2017). Modelos de Gestión. Catalogación en la fuente Fundación Universitaria del Área Andina (Bogotá), 1(1). <http://www.areandina.edu.co>
- [22] .M. (2022, 12 abril). Organigrama de una empresa pequeña. MarcaGo. Recuperado 20 de abril de 2022, de <https://marcago.com/marketing/organigrama-de-una-empresa-pequena/#niveles-de-jerarquia>
- [23] A. (2019a, mayo 16). PHVA: Procedimiento lógico y por etapas para la mejora continua. SafetYA®. Recuperado 20 de abril de 2022, de <https://safetya.co/phva-procedimiento-logico-y-por-etapas/>
- [24] Ministerio del Trabajo: GUÍA TÉCNICA DE IMPLEMENTACIÓN PARA MIPYMES, <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/51963/Guia+tecnica+de+implementacion+del+SG+SST+para+Mipymes.pdf/e1acb62b-8a54-0da7-0f24-8f7e6169c178>
- [25] Web, A. (2021, 19 marzo). Datos sobre empresas en Bogotá al primer bimestre de 2021. Instituto Nacional de Contadores Públicos de Colombia. Recuperado 20 de abril de 2022, de [https://incp.org.co/datos-sobre-empresas-en-bogota-al-primer-bimestre-de-2021/#:%7E:text=industria%20\(12%20%25\).-,%20Seg%C3%BAn%20el%20tama%C3%B1o%20C%20la%20mayor%20C%20A%20de%20las%20empresas%20fueron%20MiPymes,el%200.8%20%25%20con%204.091%20unidades](https://incp.org.co/datos-sobre-empresas-en-bogota-al-primer-bimestre-de-2021/#:%7E:text=industria%20(12%20%25).-,%20Seg%C3%BAn%20el%20tama%C3%B1o%20C%20la%20mayor%20C%20A%20de%20las%20empresas%20fueron%20MiPymes,el%200.8%20%25%20con%204.091%20unidades).
- [26] Ministerio del trabajo: “MiPymes representan más de 90% del sector productivo nacional y generan el 80% del empleo en Colombia”: ministra Alicia Arango, <https://www.mintrabajo.gov.co/prensa/comunicados/2019/septiembre/mipymes->

representan-mas-de-90-del-sector-productivo-nacional-y-generan-el-80-del-empleo-en-colombia-ministra-alicia-arango

- [27] SKF. (2013). Gestión de Lubricación SKF. Recuperado 20 de abril de 2022, de https://www.skf.com/binaries/pub201/Images/0901d1968027c76f-12114ESLA_LubricationManagement_tcm_201-107550.pdf
- [28] América, N. L., & América, N. L. (2017b, agosto 28). Seis claves para implementar un programa de lubricación centrado en confiabilidad. Noria Latín América. Recuperado 20 de abril de 2022, de <https://noria.mx/lublearn/seis-claves-para-implementar-un-programa-de-lubricacion-centrado-en-confiabilidad/>
- [29] Noria Corporation. (2019, 10 juli). 3 Steps to Effective Lubrication Management. Machinery Lubrication. Geraadpleegd op 5 mei 2022, van <https://www.machinerylubrication.com/Read/252/lubrication-program-design>
- [30] Pure Lubrication. (2021, 15 juli). Lubrication Management Program | Lubrication Training. Geraadpleegd op 5 mei 2022, van <https://www.purelubrication.co.uk/lubrication-management/>