



Gestión de riesgos en la lubricación y lubricantes de una flota de transporte

Risk management in lubrication and lubricants of transport fleet

Noel Piloto López^I, Luis S. Perdomo Torres^{II}, Pedro A. Rodríguez Ramos^{III}, *,
Carlos I. Lavado Ruiz^{IV}

I. Empresa Eléctrica Mayabeque, UEB Transporte. Mayabeque, Cuba

II. UEB Suchel Regalo. La Habana, Cuba

III. Universidad Tecnológica de La Habana, Centro de Estudios en Ingeniería de Mantenimiento, CEIM. La Habana, Cuba

IV. Universidad Bolivariana de Venezuela, Centro de Estudios en Ciencias de la Energía. Estado de Zulia. Venezuela

* Autor de correspondencia: parr@ceim.cujae.edu.cu

Este documento posee una [licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial 4.0 internacional](#)



Recibido: 23 de febrero de 2020

Aceptado: 1 de abril de 2020

Resumen

El objetivo principal de este artículo fue realizar un análisis de la gestión de riesgos en la lubricación y los lubricantes para definir el orden de prioridad de atención a los mismos. Se realizó un diagnóstico del estado de la gestión de la lubricación y los lubricantes, para lo que se utilizó una herramienta diseñada por el Centro de Estudios Ingeniería de Mantenimiento (en formato de lista de chequeo). Fue realizada la ponderación de los riesgos, definido por un grupo de expertos en el tema. Se aplicó el método de Pareto para definir cuáles son clase A y resultaron doce. Finalmente, por

medio del modelo Número de Prioridad de Riesgo, se definió la magnitud de atención que requiere cada uno de ellos y se estableció el orden de prioridad de su atención. Como resultado se obtuvo que entre las componentes de gestión, la de mayor atención está dirigida a lubricación y entre los riesgos, a la probabilidad de su ocurrencia.

Palabras claves: gestión de riesgo; lubricación; lubricantes; Pareto; número de prioridad de riesgo.

Abstract

The main objective of this article was to perform a risk analysis of the risk management of lubrication and lubricants to define the order of priority of their care. First, the diagnosis of the state of lubrication and lubricant management was made, for which a tool designed by the Center for Maintenance Engineering Studies (in check list format) was used. The weighting of these existing risks was carried out, taking into account their level of importance, defined by a group of experts in this thematic. Next, the Pareto method was applied to define which are class A risks, twelve resulted.

Finally, through the Risk Priority Number model, the level of attention required by each one was defined and the order of priority of their attention was established. Likewise, it was found that among the management components, the one with the greatest attention will be directed to lubrication and among the risks, the probability of its occurrence.

Key words: risk management; lubrication, lubricants; Pareto; risk priority number.

Cómo citar este artículo:

Piloto López N, Perdomo Torres LS, Rodríguez Ramos PA, et al. Gestión de riesgos en la lubricación y lubricantes de una flota de transporte. Ingeniería Mecánica. 2020;23(2):e603. ISSN 1815-5944.

Introducción

La lubricación es uno de los aspectos más vitales del mantenimiento para lograr un funcionamiento eficiente de la maquinaria [1]. Diversas razones han relegado el correcto mantenimiento de la lubricación en la mayor parte de las empresas. Como ejemplo dos datos: el 92 % de las plantas tienen falta de procedimientos adecuados de lubricación y el 74 % de las plantas no utilizan el análisis de lubricante como herramienta de monitoreo [2].

La gestión de la lubricación se entiende como el proceso de planificación, ejecución, control y mejora continua de las acciones de lubricación, la calidad, la seguridad, la preservación del medio ambiente y eficiencia energética, enfocado a los activos físicos en un contexto operacional específico e integrado al mantenimiento [3].

En el caso de los vehículos, el diseño y aplicación de un proceso coherente de gestión de lubricación integrado al mantenimiento, permite obtener ahorros de energía debido a que, un vehículo en buen estado técnico consume menos combustible y propicia la disminución del gasto de reparación, ya sea por detección temprana de los

problemas, por menores consumos de materiales, repuestos y mano de obra; al extender la vida útil de los componentes, además, se incurre en una menor generación de residuos contaminantes [3].

Se ha identificado que, para los países con más desarrollo, la acción de lubricación en el mantenimiento no es considerado un gasto, sino en una acción que genera ganancias, evitando averías y fallos catastróficos que ocasionan grandes pérdidas en la economía y el medioambiente. Es sumamente evidente la importancia que le dan al mantenimiento, como la planifican y ejecutan al mismo nivel que otra actividad dentro del proceso tecnológico [4].

Según un estudio realizado en 2012 por el Instituto Jost [5], las pérdidas por la gestión ineficaz de la lubricación constituyen el 1,60 % del Producto Interno Bruto (PIB) mundial. El costo de la actividad de lubricación es un 3 % del costo de la actividad de mantenimiento, sin embargo el 80 % de los fallos, son provocadas por una deficiente lubricación. Para revertir esta situación, es necesario realizar un análisis de la gestión de riesgos en la lubricación (GRL).

Definir el orden de prioridad de atención a los riesgos, es una tarea importante, que se logra aplicando herramientas como el Método de Pareto [6], que sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente y permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso. Otra herramienta a utilizar para definir el orden de prioridad de atención a los riesgos es el modelo denominado Número de Prioridad de Riesgo (NPR), el cual asigna la prioridad en función de cinco atributos del riesgo: probabilidad de ocurrencia del riesgo, afectación a la seguridad y salud del trabajador, afectación al entorno, costo de la afectación, posibilidad de detección, permitiendo así priorizar las acciones encaminadas a minimizar o eliminar los posibles riesgos [7].

Un análisis realizado en una empresa encargada de la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica tuvo como resultado, que en un período de seis meses, los vehículos de su parque automotor tuvieron un total de 3432 fallos, de ellos 1415 fueron por problemas de lubricación representando un 41, 22 % de los fallos totales. Por tanto, el objetivo principal de este artículo es realizar un análisis de la gestión de riesgos en la lubricación y los lubricantes para definir el orden de prioridad de atención a los mismos. Como resultado de esta investigación se obtuvo que entre las componentes de gestión, la de mayor atención está dirigida a lubricación y entre los riesgos, a la probabilidad de su ocurrencia.

Métodos y Materiales

La investigación se inicia con el diagnóstico del estado de la gestión de la lubricación y los lubricantes. Se utilizó la herramienta diseñada por el Centro de Estudios Ingeniería de Mantenimiento (CEIM), en formato de lista de chequeo [8]. Este diagnóstico arrojó la calificación de mal, con el 43,80 % de la meta [9, 10] y permitió detectar los 19 riesgos, que afectan el desempeño de los vehículos de la empresa objeto de estudio.

A continuación, se efectúa la ponderación de los 19 riesgos. Esta ponderación se asigna según su nivel de importancia, dado por un valor del 1 al 10, siendo 10 el de mayor importancia y 1 el de menor. La ponderación se obtuvo por la contribución de un grupo de expertos, que se eligieron previamente mediante un método de selección de expertos [11]. Para esto se les aplicó una prueba de competencia, con el objetivo de evaluar los conocimientos del sujeto sobre la ingeniería de lubricación y las prácticas más exitosas, para que aporte ideas acordes con la filosofía del papel de la lubricación como actividad proactiva y el papel de la lubricación en la actividad de mantenimiento.

A cada experto se le presenta una tabla con las fuentes que él considera que han influido en su dominio acerca del problema que se está resolviendo, de acuerdo con el grado: Alto (A), Medio (M) o Bajo (B). Su competencia se determinó por medio de un Coeficiente de Competencia K, expresión 1:

$$K = \frac{1}{2} (K_c + K_a) \quad (1)$$

Donde:

K_c: coeficiente de conocimiento que tiene el experto acerca del problema.

K_a: coeficiente de argumentación o fundamentación de los criterios del experto.

Los evaluados que obtienen un valor de K menor a 0,60 no se consideran expertos para el tema que se va investigar [11, 12]. Los 7 expertos evaluados fueron aceptados, pues el valor de K fue superior a 0,70.

Después de ordenados los riesgos según la ponderación recibida (promedio de los expertos), se procede a aplicar el método de Pareto [6], donde se obtendrá la cantidad de riesgos clase A.

Clasificación de los riesgos por clases:

Clase A– Los más importantes (80 %)

Clase B– Importancia intermedia (control por excepción, 15 %)

Clase C– Los menos importantes, (5 %)

Posteriormente se aplica el NPR a los riesgos, para así, definir el orden de prioridad de atención según el impacto que provocan. Para esto, se recomienda la siguiente expresión del NPR (modificado por los autores): clase A.

Clasificación de los riesgos por clases:

- Clase A– Los más importantes (80 %)
- Clase B– Importancia intermedia (control por excepción, 15 %)
- Clase C– Los menos importantes, (5 %)

Posteriormente se aplica el NPR a los riesgos, para así, definir el orden de prioridad de atención según el impacto que provocan. Para esto, se recomienda la siguiente expresión del NPR (modificado por los autores), expresión 2:

$$\text{NPR} = P + S_1 + S_2 + S_3 + D \quad (2)$$

Donde:

P: Probabilidad de ocurrencia de las PIE

S₁: Afectación a la seguridad y salud del trabajador

S₂: Afectación al entorno

S₃: Costo de la afectación

D: Facilidad de detección

La medición cualitativa-cuantitativa de los aspectos de riesgos se muestra a continuación en las tablas 1, 2, 3, 4, 5:

Tabla 1. Medición de la probabilidad de ocurrencia.
Fuente: autores

P	Puntos
Menos de 1 vez en diez años	1
1 vez en 5 – 10 años	2
1 vez en 2 – 4 años	3
1 vez en 1 - 2 años	4
Más de 2 veces al año	5

Tabla 2. Medición de la afectación a la seguridad y salud del trabajador. Fuente: autores

S ₁	Puntos
Mínima	1
Primeros auxilios	2
Ayuda medica	3
Trabajo limitado	4
Incapacidad o muerte	5

Tabla 3. Medición de la afectación al entorno. Fuente: autores

S ₂	Puntos
Despreciable	1
Unidad alterada	2
Condición de alerta	3
Incidente moderado	4
Incidente Severo	5

Tabla 4. Medición del costo de la afectación. Fuente: autores

S ₃	Puntos
Menos de \$5000	1
\$5000 - \$25000	2
\$25000 - \$100000	3
\$100000 – \$250000	4
Mayor de \$250000	5

Tabla 5. Medición del nivel de detección. Fuente: autores

D	Puntos
Fácilmente detectable	1
Detectable y corregida durante la operación normal	2
Detectable, pero corregida con dificultad	3
No es detectable hasta que no haya otro efecto	4
No detectable hasta que ocurra el riesgo	5

Resultados y Discusión

A continuación, se muestran los 19 riesgos objeto de análisis:

Componente gestión de lubricantes

Compra de lubricantes

1. La persona encargada en cuanto a volúmenes y tipos de lubricante que se debe comprar, no lo hace tomando en consideración ningún criterio.

Recepción de lubricantes

2. No se garantiza que los tanques y otros envases no reciban ningún daño al momento del desembarque. (Ejemplo de daños, arañados, aboyados, deformados)

Control de la calidad del lubricante

3. El lubricante no viene acompañado por un certificado de control de calidad del lote, cumpliendo con las especificaciones pactadas con el suministrador.
4. No existe un consecutivo con los certificados de concordancia del producto recibido. (Certificado que permitan verificar la calidad de todos los productos nuevos)

Almacenamiento

5. Los tanques o bidones, y otros contenedores de lubricantes no se encuentran debidamente organizados dentro del almacén.
6. No se verifica la existencia de todos los lubricantes y grasas recomendadas en el estudio de lubricación.

Componente gestión de lubricación

Estudio de lubricación

7. No existe un estudio de lubricación que abarque el 100% de los equipos y todas las áreas de lubricación que sea realizado por una persona capacitada o centro especializado.
8. El estudio de lubricación no se encuentra actualizado en cuanto al uso de lubricantes de mejores prestaciones entre ellas el ahorro de energía y combustible.

Filtración y control de fugas

9. Los filtros utilizados no son de calidad certificada (Revisar la documentación del filtro).

Limpieza

10. No se tiene conocimiento de las normas de limpieza ISO 4406 de los tanques de granel, no están limpios exteriormente.

Tecnologías de inspección y diagnósticos (integral)

11. No se hace uso de tecnología de Medición de temperatura.
12. No se hace uso de tecnología de Medición de compresión en grupo cilindro pistón.
13. No se aplica la tecnología que permita realizar diagnóstico a partir del análisis de aceites, para implementar mejorar al programa de lubricación.
14. No se cuenta con tecnología que permite hacer análisis gases de escape.

Análisis de aceites

15. No se conoce el procedimiento, ni existe un programa de muestreos de aceite a los equipos-

Reingeniería

16. No se realiza estudios con el fin de implementar un sistema de lubricación más confiable.

Componente recursos humanos y capacitación

17. No se realiza el diagnóstico de las necesidades de capacitación de las personas vinculadas a las actividades de lubricación, desde directivos, jefes de brigada, mecánicos hasta engrasadores.
18. No se realiza el Diseño del Plan de Capacitación de las personas vinculadas a las actividades de lubricación, desde directivos, jefes de brigada, mecánicos hasta engrasadores.
19. No se certifican los conocimientos del personal capacitado de las personas vinculadas a las actividades de lubricación, desde directivos, jefes de brigada, mecánicos hasta engrasadores.

Aplicación del Método de Pareto

Para esto se calculó el peso específico promedio de cada riesgo, entre 1-10 puntos, por los 7 expertos en el tema. Se ordenan de mayor a menor, obteniendo los siguientes resultados que se muestran en la y figura 1.

Se observa que, de los 19 riesgos de la flota de vehículos, 12 de ellos son catalogados clase A, por tanto, son los que tienen la mayor prioridad en la atención. A ellos se les aplicará el modelo del NPR.

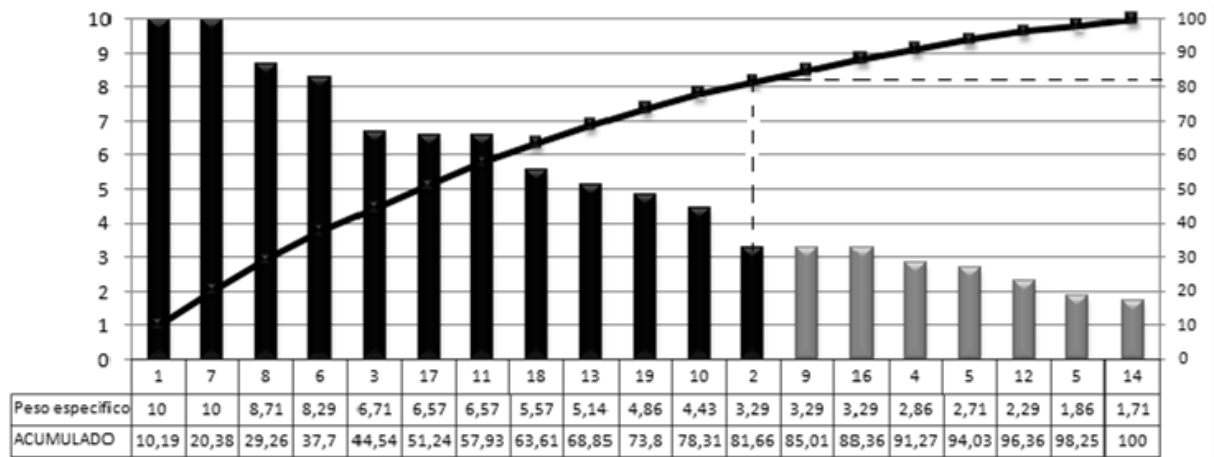


Fig.1. Diagrama de Pareto del peso específico de los riesgos. Fuente: autores

Aplicación del NPR

Los cinco aspectos de riesgo (fórmula 2) se ponderaron (según criterio de expertos), para evitar igualitarismo entre ellos. Los resultados se muestran en la primera fila de la tabla 6.

A continuación, se procede a calcular la matriz del modelo NPR, tabla 7.

Donde:

Ponderación: Peso específico de cada aspecto del riesgo (obtenido con la técnica de expertos), %

Media expertos: Promedio de puntos otorgados por los expertos, entre 1 y 5 puntos

NPR_i: Resultado de la multiplicación de la media expertos por la ponderación, puntos

Patrón de evaluación general del nivel de atención de acuerdo al valor del NPR_i:

NPR_i: de 0,00 – 2,00 puntos - atención mínima

NPR_i: de 2,01 – 3,50 puntos - atención moderada

NPR_i: de 3,51 – 5,00 puntos - atención alta – primera prioridad

Tabla 6. Matriz del modelo NPR, análisis de riesgo. Fuente: autores

PIE	Ponderación	0,31	0,18	0,14	0,24	0,13	Suma 1,00
		Probabilidad de ocurrencia de la PIE	Afectación a la seguridad y salud del trabajador	Afectación al entorno	Costo de la afectación	Facilidad de detección	NPR
1	Media expertos	4,85	1,00	1,00	1,00	1,86	2,31
	NPR ₁	1,50	0,18	0,14	0,24	0,24	
7	Media expertos	5,00	1,00	1,00	1,86	3,14	2,72
	NPR ₇	1,55	0,18	0,14	0,45	0,41	
8	Media expertos	4,00	1,00	2,00	1,86	2,00	2,41
	NPR ₈	1,24	0,18	0,28	0,45	0,26	
6	Media expertos	4,14	1,00	1,00	1,86	1,00	2,18
	NPR ₆	1,28	0,18	0,14	0,45	0,13	
3	Media expertos	1,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,27
	NPR ₃	0,58	0,18	0,14	0,24	0,13	
17	Media expertos	3,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,89
	NPR ₁₇	1,20	0,18	0,14	0,24	0,13	
11	Media expertos	5,00	1,00	1,00	2,14	4,42	2,96
	NPR ₁₁	1,55	0,18	0,14	0,51	0,57	
18	Media expertos	3,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,89
	NPR ₁₈	1,20	0,18	0,14	0,24	0,13	
13	Media expertos	5,00	1,00	1,00	2,57	3,86	2,99
	NPR ₁₃	1,55	0,18	0,14	0,62	0,50	
19	Media expertos	3,86	1,00	1,00	1,00	1,00	1,89
	NPR ₁₉	1,20	0,18	0,14	0,24	0,13	
10	Media expertos	2,85	2,00	2,00	1,00	1,00	1,89
	NPR ₁₀	0,88	0,36	0,28	0,24	0,13	
2	Media expertos	1,89	2,00	2,00	1,86	1,00	1,80
	NPR ₂	0,59	0,36	0,28	0,45	0,13	
	NPR _i aspecto	14,31	2,52	2,10	4,36	2,90	26,19

Como se observa en la tabla 6, según NPR_i:

- Para los 6 riesgos que tienen un NPR_i entre 2,01 - 3,50, según el patrón de evaluación general, para ese rango la atención requerida es moderada y el orden es el siguiente: riesgos - 13 (2,99), 11 (2,96), 7 (2,72), 8 (2,41), 1 (2,31), 6 (2,18), Destacando que los riesgos de mayor prioridad de atención son el 13 y 11, por tener los mayores valores de NPR_i,
- -Para los 6 riesgos que tienen un NPR_i entre 0,00 - 2,00, según el patrón de evaluación general para ese rango la atención requerida es mínima y el orden es el siguiente: riesgos - 18 (1,89), 10 (1,89), 17 (1,89), 19 (1,89), 2 (1,80), 3 (1,27),

Por componente de gestión el resultado es:

- Componente gestión de lubricantes:
Tiene 4 riesgos – 1 (2,31), 6 (2,18), 2 (1,80), 3 (1,27) – 7,56 puntos
- Componente gestión de lubricación:
Tiene 5 riesgos –13 (2,99), 11 (2,96), 7 (2,72), 8 (2,41), 10 (1,89) – 12,97 puntos
- Componente recursos humanos y capacitación:
Tiene 3 riesgos - 17 (1,89), 18 (1,89), 19 (1,89)– 5,67 puntos

Por atributos del riesgo, el resultado es:

- Probabilidad de ocurrencia - 14,31 puntos
- Afectación a la seguridad y salud del trabajador - 2,52 puntos
- Afectación al entorno - 2,10 puntos
- Costo de la afectación - 4,36 puntos
- Facilidad de detección - 2,90 puntos

Conclusiones

El análisis de la gestión de riesgos, en la lubricación y los lubricantes en la flota de transporte, para los 12 riesgos clase A, permitió definir que, el orden de prioridad de su atención es el siguiente: 13, 11, 7, 8, 1, 6, 18, 10, 17, 19, 2, 3. Este análisis también arrojó que, la situación de la flota de transporte no es grave, pues los 12 riesgos de mayor importancia están en el rango de atención moderada (13, 11, 7, 8, 1, 6) y atención mínima (18, 10, 17, 19, 2, 3).

Referencias

1. Díaz Concepción A, Villar Ledo L, Cabrera Gómez J, et al. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica. 2016;19(3):137-142.
2. García TA, Hernández MD. Simulación de cojinetes de deslizamiento en turbogeneradores con empleo de la norma ISO 7902. Revista Cubana Ingeniería. 2011;2(1):35-45.
3. Paz Menéndez A, Bonet Borjas CM, Pérez Sánchez JC. Diagnostico Técnico a motores diésel a partir de la aplicación de los análisis de aceite. Revista Transporte, Desarrollo y Medio ambiente. 2008;27(2-3): No. 2-3:59-69.
4. Fuller D. Theory and Practice of Lubrication for Engineers. New York: Mc Graw-Hill. 1984.
5. Díaz Concepción A, Villar Ledo L, Cabrera Gómez J. Implementación del mantenimiento centrado en la confiabilidad en empresas de transmisión eléctrica. Ingeniería Mecánica. 2016;19(3):137-142.
6. Gartua A. La importancia del análisis tribológico para ahorrar costes. Revista del tratamiento de superficies. 2015(28):54-65.
7. Yáñez Medina M. Ingeniería de confiabilidad y análisis probabilístico de riesgo. México: Reliability and Risk Management S.A.; 2014.
8. Keith MR, Lyndley R. Maintenance engineering. New York, USA: McGraw - Hill; 2008.
9. García Toll A, Muñoz Cabrera M. Evaluación de la gestión de la lubricación y los lubricantes en empresas de transporte de pasajeros por ómnibus. Mantenimiento en Latino América. 2016;8(2):30-41.
10. García Toll, A., Muñoz Cabrera, M. y Díaz Concepción, A. Evaluación de la gestión de la lubricación y los lubricantes. Ingeniería Mecánica. 2019; 22 (3):121-126. ISSN 1815-5944.
11. Cabero Almenara, J, Barroso Osuna J. La utilización del juicio de experto para la evaluación de tic: el coeficiente de competencia experta. revista bordón. 2013;65 (2):25-38.
12. Shane RB. Utilizing and adapting the Delphi method for use in qualitative research. International Journal of Qualitative Methods. 2015;12(8):1-6.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses

Contribución de los autores

Noel Piloto López. <https://orcid.org/0000-0003-4976-2279>

Participó en el diseño de la investigación y en la revisión del estado del arte. Trabajó en la recolección y el procesamiento de los datos recogidos para el estudio. Realizó contribuciones en el análisis e interpretación de los datos y en el análisis de los resultados. Participó en la revisión y redacción del informe final.

Luis S. Perdomo Torres. <https://orcid.org/0000-0003-0658-5962>

Apoyó en la revisión del estado del arte. Trabajó en la recolección de los datos y en la revisión y redacción final del trabajo.

Pedro Antonio Rodríguez Ramos. <https://orcid.org/0000-0003-2862-0984>

Participó en el diseño de la investigación, el análisis de los resultados, la revisión crítica del artículo, en la redacción y aprobación de su versión final.

Carlos I. Lavado Ruiz. <https://orcid.org/0000-0001-6111-2506>

Apoyó en la revisión del estado del arte. Trabajó en la recolección de los datos y en la revisión y redacción final del trabajo.