



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS DE AIRE FLEETGUARD DE TECNOLOGÍA NANOFORCE, PARA REDUCIR COSTOS EN LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DEL MOTOR CUMMINS K2000.”

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniero Industrial**

**Autor:**

Bach. Yoel Francisco Ticse Cipriano

**Asesor:**

Mg. Ing. Juan Carlos Durand Porras

Lima – Perú

2018

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el Bachiller **Yoel Francisco Ticse Cipriano**, denominada:

### **“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE FILTROS DE AIRE FLEETGUARD DE TECNOLOGÍA NANOFORCE, PARA REDUCIR COSTOS EN LOS MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS DEL MOTOR CUMMINS K2000”**

---

Ing. Juan Carlos Durand Porras

**ASESOR**

---

Ing. Sonia Isabel Espinoza Farías

**JURADO**

**PRESIDENTE**

---

Ing. Jhonatan Abal Mejia

**JURADO**

---

Ing. Juan Orlando Goicochea Asian

**JURADO**

## **DEDICATORIA**

En primer Lugar dar gracias a Dios por darme las fuerzas para poder alcanzar mis metas.

Dedico este trabajo a mis hijos Piero y Ángela, motivos de mi inspiración, esfuerzo y dedicación en cada uno de mis días por sobresalir ante las adversidades

A las personas que realizan doble esfuerzo, trabajar y estudiar hasta conseguir sus metas trazadas; así mismo, a todas aquellas personas que directamente e indirectamente me apoyaron para culminar una etapa más de mi crecimiento profesional.

Dedicado también a mis padres, esposa y familiares ya que sin el aliento de ellos se me hubiera hecho bien difícil este camino.

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero agradecimiento y reconocimiento a la Universidad Privada del Norte, en especial a la carrera de Ingeniería Industrial, por brindarnos la oportunidad para explotar nuestras experiencias laborales y obtener una profesión para ser personas competitivas en la sociedad.

Para todos los docentes que nos han contribuido con sus conocimientos, experiencia y sabiduría, en especial a mi asesor de tesis que saber cómo guiarme de la mejor manera. A mi familia y amigos que me acompañaron en el transcurso de esta etapa de mi vida, y personas que me apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito este objetivo trazado en crecimiento profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGUAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1.INTRODUCCIÓN.....	12
<b>1.1.Realidad Problemática.....</b>	<b>13</b>
1.1.1. Delimitación de la investigación – Descripción de la empresa.....	13
1.1.2.Realidad problemática a nivel internacional y nacional.....	16
1.1.3.Realidad problemática a nivel local (institucional).....	16
<b>1.2. Formulación del Problema.....</b>	<b>17</b>
1.2.1. Problema General.....	17
1.2.2. Problemas Específicos.....	17
<b>1.3. Justificación de la investigacion.....</b>	<b>18</b>
1.3.1. Justificación Teórica.....	18
1.3.2. Justificación Práctica.....	18
1.3.3. Justificacion Cuantitativa.....	19
<b>1.4. Objetivo de la investigacion.....</b>	<b>20</b>
1.4.1. Objetivo General.....	20
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	21
<b>2.1. Antecedentes de la investigación .....</b>	<b>21</b>
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	21
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	22
<b>2.2. Bases Teóricas .....</b>	<b>23</b>
2.2.1. Mejora continua.....	23
2.2.2. El ciclo Deming.....	23
2.2.3. Diagrama de Ishikawa.....	24
2.2.4. Diagrama de Pareto.....	26
2.2.5. Aire.....	27
2.2.5.1. Propiedades Físicas.....	27
2.2.5.2. Propiedades Químicas.....	27
2.2.5.3. Composición del aire.....	27
2.2.6. Filtros de aire.....	28
2.2.6.1. Importancia del filtro de aire de un motor diésel.....	28
2.2.6.2. Tipos de filtros de aire de motor diésel.....	29
2.2.6.2.1. Filtros de aire de malla humectada y en baño de aceite.....	29
2.2.6.2.2. Filtros de aire tipo seco.....	29
2.2.6.3. Filtros de aire fleetguard.....	30
2.2.6.3.1. Polvo >> Restricción >> Vida útil del filtro.....	30
2.2.6.3.2. Filtros de aire Fleetguard Tecnología Nanoforce.....	31
2.2.6.3.2.1. Descripción de Tecnología Nanoforce.....	31
2.2.6.3.2.2. Características de Tecnología Nanoforce.....	31
2.2.6.3.2.3. Especificaciones del filtro de aire Nanoforce.....	32
2.2.6.3.2.4. Consejos de instalación y uso.....	33
2.2.6.3.2.5. Aplicaciones.....	33
2.2.7. Motor diésel Cummins K2000.....	34
2.2.7.1. Breve descripción del funcionamiento del motor.....	34
2.2.7.2. Sistemas del Motor K2000.....	35
2.2.7.2.1. Sistema de Refrigeración.....	36
2.2.7.2.2. Sistema de Lubricación.....	37
2.2.7.2.3. Sistema de Combustible.....	38
2.2.7.2.4. Sistema Electrónico.....	39
2.2.7.2.5. Sistema de Admisión.....	41
2.2.7.2.6. Sistema de Escape.....	43
2.2.8. Prueba Piloto de implementación de Filtros de aire fleetguard Tecnología Nanoforce en Compañía Minera Antamina.....	44
2.2.8.1. Antecedentes.....	44
2.2.8.2. Filtros de aire Fleetguard Tecnología Nanoforce.....	45
2.2.8.3. Protocolo de inicio de prueba piloto CIA. Antamina.....	46
2.2.8.4. Resultados de la prueba Piloto Nanoforce.....	47
2.2.8.5. Conclusiones de prueba Piloto Nanoforce.....	48
<b>2.3. Definición de Términos Básicos.....</b>	<b>49</b>

CAPÍTULO 3.DESARROLLO DE LOS OBJETIVOS .....	50
<b>3.1. Diagnóstico de Problemática para desarrollo de los objetivos.....</b>	<b>50</b>
<b>3.2. Desarrollo el objetivo específico 1.....</b>	<b>51</b>
3.2.1. Sustento de datos de compra de filtros de aire – 2016.....	51
3.2.2. Sustento de datos de la prueba piloto compra de filtros de aire – 2017.....	52
3.2.3. Tabla 1 comparativo de costos de filtros 2016 – 2017 .....	52
<b>3.3. Desarrollo el objetivo específico 2.....</b>	<b>53</b>
3.3.1. Sustento de datos de eficiencia de filtros de aire – 2016.....	53
3.3.2. Sustento de datos de eficiencia de filtros de aire – 2017.....	54
3.3.3. Tabla 2 comparativo de eficiencia de los filtros de aire 2016 – 2017.....	55
<b>3.4. Desarrollo el objetivo específico 3.....</b>	<b>56</b>
3.4.1. Sustento de datos de desempeño de filtros de aire – 2016.....	56
3.4.2. Sustento de datos de desempeño de filtros de aire – 2017.....	57
3.4.3. Tabla 3 comparativo de desempeño de los filtros de aire 2016 – 2017.....	58
<b>3.5. Desarrollo el Objetivo General.....</b>	<b>59</b>
CAPÍTULO 4.RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	60
<b>4.1. Resultados de Objetivos.....</b>	<b>60</b>
4.1.1. Resultados del problema específico 1.....	60
4.1.2. Resultados del problema específico 2.....	61
4.1.3. Resultados del problema específico 3.....	62
<b>4.2. Conclusiones.....</b>	<b>63</b>
<b>4.3. Recomendaciones.....</b>	<b>64</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>65</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>67</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla n°. 2.1.14 Puntos de Deming para implementar la mejora de calidad.....	24
Tabla n°. 3.1. Costos de compra de filtros estándar 2016.....	46
Tabla n . 3.2. Costos del Plan Piloto con los filtros nanoforce 2017.....	47
Tabla n°. 3.3 Comparativo de costos de filtros estándar y filtros nanoforce 2016 - 2017.....	47
Tabla n°. 3.4. Resumen del monitoreo de valores de eficiencia filtros estándar 2016.....	48
Tabla n°. 3.5. Resumen del monitoreo de valores de eficiencia filtros nanoforce 2017.....	50
Tabla n°. 3.6. Comparativo de eficiencia de los filtros estándar y nanoforce 2016 – 2017.....	50
Tabla n°. 3.7. Resumen del monitoreo valores de desempeño de los filtros estándar 2016....	51
Tabla n°. 3.8. Resumen del monitoreo de valores del desempeño filtros nanoforce 2017.....	53
Tabla n°. 3.9. Comparativo de desempeño de filtros estándar y nanoforce 2016 - 2017.....	53
Tabla n°. 1 Comparativo de costos de filtros.....	54
Tabla n°. 2 Comparativo de eficiencia de filtros de aire.....	54
Tabla n°. 3 Comparativo de desempeño de filtros de aire .....	54



## LISTA DE FIGURAS

Figura n.º 1.1. Perforación Minera Barrick.....	13
Figura n.º 1.2. Camiones Mineros Komatsu 730E.....	14
Figura n.º 2.1. El Ciclo Demming.....	23
Figura n.º 2.2. Diagrama de Ishikawa.....	25
Figura n.º 2.3. Diagrama de Pareto.....	26
Figura n.º 2.4. Composición de la atmosfera.....	27
Figura n.º 2.5. 1 Gramo de polvo ingerido en el motor por CV el motor sufre fallas.....	30
Figura n.º 2.6. Filtro de aire Fleetguard de alta performance tecnología nanoforce.....	31
Figura n.º 2.7. Especificación del Filtro de aire nanoforce AF879NF.....	32
Figura n.º 2.8. Especificación del Filtro de aire nanoforce AF899NF.....	32
Figura n.º 2.9. Características del filtro de aire nanoforce AF879NF.....	33
Figura n.º 2.10. Ciclo de trabajo de un motor de 4 tiempos.....	34
Figura n.º 2.11. Motor Cummins completo K2000.....	35
Figura n.º 2.12. Sistema de refrigeración del motor Cummins K2000.....	36
Figura n.º 2.13. Sistema de lubricación del motor Cummins K2000.....	37
Figura n.º 2.14. Sistema de combustible del motor Cummins K2000.....	38
Figura n.º 2.15. Sistema de electrónico del motor Cummins K2000.....	40
Figura n.º 2.16. Sistema de admisión del motor Cummins K2000.....	42
Figura n.º 2.17. Sistema de admisión del motor Cummins K2000.....	42
Figura n.º 2.18. Sistema de escape del motor Cummins K2000.....	43
Figura n.º 2.19. Camión eléctrico Komatsu 930E.....	44
Figura n.º 2.20. Ilustración de retención de polvo Filtros Nanoforce.....	45
Figura n.º 2.21. Instalación e inicio de prueba piloto Camión #127 CIA. Antamina.....	46
Figura n.º 2.22. Grafica de tendencia de saturación de filtros de aire Nanoforce.....	47
Figura n.º 2.23. Grafica de tendencia de restricción de filtros de aire Nanoforce.....	47
Figura n.º 3.1. Diagrama de Ishikawa del uso de filtros de aire del motor.....	50

## **RESUMEN**

La presente investigación tiene por objetivo mejorar los costos de los filtros de aire que se utilizan en los mantenimientos preventivos del motor diésel CUMMINS Modelo: K2000 instalado en los Camiones Eléctricos KOMATSU Modelo: 730E que se usan para el acarreo de material del Cliente Minera Barrick Misquichilca S.A.

En la primera etapa de la investigación se realizó un diagnóstico de la situación actual de los filtros de aire Donalson que se utilizan actualmente y sus cambios programados en PM2-500 horas de operación (identificar si el cambio es por condición o material) con el objetivo de identificar las causas raíces de la problemática. Se realizara un diagrama de Ishikawa. El diagnóstico identificó que las causas principales de las paradas programadas, que afectan la productividad y disponibilidad del área de mantenimiento, eran que lo filtros de aire Donalson tienen una deficiencia de filtrado a partir de las 550 horas y por ello el cambio en el mantenimiento programado PM2 de 500 Horas.

En la segunda etapa de la investigación, se eligió 02 Camiones Mineros KOMATSU 730E para hacer una Prueba de monitoreo de parámetros de Restricción (inH<sub>2</sub>O) y Saturación (Kg) durante la operación normal de los equipos en operaciones mina, se instalaran unos Filtros de aire FLEETGUARD (01 equipo #12) y Filtros de aire DONALSON (01 equipo #15) todos nuevos para dar inicio a una prueba de mejor eficiencia de los filtros de aire, realizando un monitoreo visual , recolección de datos y análisis de la información, una vez terminado la prueba y con todo el análisis correspondiente se pudo identificar que los Filtros FLEETGUARD tiene una mejor eficiencia y el cambio se estos se extendiendo a 3000 horas de operación y mejora la disponibilidad del equipo.

La ejecución de la propuesta de mejora, utilizando los nuevos filtros de aire FLEETGUARD en los camiones Mineros KOMATSU se realizó en un aproximado de 08 meses de prueba piloto desde escoger los equipos , alistarlos para la instalación de filtros de aire , instalar los restrictores de medición e implementar una balanza para poder tener el peso de los elementos, El Camión C12 (con filtro FLEETGUARD) llego a 3000 horas de operación trabajo solo el 55% de su vida útil según los parámetros del fabricante; a diferencia del Camión C15 (con filtro DONALSON) llego a 500 horas de operación con una vida útil del 80% y su aumento es muy proporcional a lo cual se le cambia a los 500 Horas para evitar paradas NO programadas en campo y afectando al área de operaciones mina.

Implementando los filtros de Aire FLEETGUARD en toda la flota de 19 camiones mineros KOMATSU 730E el cliente Minera Barrick Misquichilca S.A, tendrá un beneficio de reducción de costo estimado del 75% de la compra anual anterior y esto asciende en unos de USD 100,891 según las compras anuales anteriores y la nueva propuesta económica.