
AUMENTO DE LA PRESIÓN DEL CÁRTER POR ABRASIÓN DE LOS CILINDROS Y LA INCIDENCIA EN LA POTENCIA DEL MOTOR WÄRTSILÄ VASA 32

*Increase in crankcase pressure due to abrasion of the cylinder liners
and the impact on the power of the Wärtsilä Vasa 32 engine*

*Aumento da pressão do cárter devido à abrasão das camisas do
cilindro e ao impacto na potência do motor Wärtsilä Vasa 32*

Jorge Lema¹, Gerardo Arteaga¹ & William López¹

¹ Facultad de Ingeniería y Tecnologías de la Información y Comunicación. Universidad Tecnológica Indoamérica. Quito-Ecuador. Correo: jorgelema@uti.edu.ec, gerardoarteaga@uti.edu.ec, william.lopez@wartsila.com

Fecha de recepción: 08 de octubre de 2020.

Fecha de aceptación: 30 de octubre de 2020.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN. En los motores Wärtsilä Vasa 32 pertenecientes a una empresa de servicios petroleros, se ha evidenciado un aumento de la presión del cárter del motor debido al descenso de la compresión desde la cámara de combustión, producido por un desgaste abrasivo en las camisas de los cilindros, lo que ha provocado una disminución anual de la potencia. **OBJETIVO.** Determinar el desgaste producido en una camisa, los valores de los elementos abrasivos que se encuentran dispersos en el combustible y aceite, y la dependencia de la potencia en función de la presión del cárter. **MÉTODO.** Realización de mediciones con instrumentos de metrología y análisis de elementos dispersos en el combustible y aceite en laboratorios internacionales. **RESULTADOS.** Los análisis de aceite y combustible indicaron una excesiva cantidad de vanadio, aumentando el desgaste abrasivo en las camisas. Este desgaste se comprobó midiendo el diámetro y la rugosidad media de una camisa, después de 12000 horas de funcionamiento y cuyos valores no estaban dentro de los límites recomendados por el fabricante del motor. **DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.** Existe una correlación lineal decreciente entre la potencia del motor y la presión del cárter. Además, se determinó que el crudo ecuatoriano tiene una elevada cantidad de vanadio.



 [Compartir](#)

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wärtsilä Vasa 32. Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>



 [Compartir](#)

Palabras claves: Abrasión, desgaste, motor, potencia, presión.

ABSTRACT

INTRODUCTION. In the Wärtsilä Vasa 32 engines belonging to an oil services company, an increase in the pressure of the engine crankcase has been evidenced due to the descent of compression from the combustion chamber, caused by abrasive wear on the cylinder liners, which has caused a annual decrease in power. **OBJECTIVE.** To determine the wear produced in a jacket, the values of the abrasive elements that are dispersed in the fuel and oil, and the dependence of the power depending on the crankcase pressure. **METHOD.** Carrying out measurements with metrology instruments and analysis of dispersed elements in fuel and oil in international laboratories. **RESULTS.** Oil and fuel analysis indicated excessive vanadium, increasing abrasive wear on cylinder liners. This wear was checked by measuring the diameter and average roughness of a cylinder liner, after 12,000 hours of operation and whose values were not within the limits recommended by the engine manufacturer. **DISCUSSION AND CONCLUSIONS.** There is a decreasing linear correlation between engine power and crankcase pressure. Ecuadorian crude has a high amount of vanadium.

Keywords: Abrasion, engine, wear, power, pressure, wear.

RESUMO

INTRODUÇÃO. Nos motores Wärtsilä Vasa 32 pertencentes a uma empresa de serviços de petróleo, foi evidenciado um aumento na pressão do cárter do motor devido à descida da compressão da câmara de combustão, causada pelo desgaste abrasivo nas camisas do cilindro, o que causou um anual de diminuição da potência. **OBJETIVO.** Determinar o desgaste produzido em uma camisa, os valores dos elementos abrasivos dispersos no combustível e no óleo, e a dependência da potência na função da pressão do cárter. **MÉTODO.** Realização de medições com instrumentos de metrologia e análise de elementos dispersos em combustíveis e óleos em laboratórios internacionais. **RESULTADOS.** A análise de óleo e combustível indicou excesso de vanádio, aumentando o desgaste abrasivo nas camisas do cilindro. Este desgaste foi verificado através da medição do diâmetro e rugosidade média de uma camisa de cilindro, após 12.000 horas de operação e cujos valores não estavam dentro dos limites recomendados pelo fabricante do motor. **DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.** Existe uma correlação linear decrescente entre a potência do motor e a pressão do cárter. O petróleo bruto equatoriano contém uma grande quantidade de vanádio.

Palavras-chave: Abrasão, desgaste, motor, potência, pressão.

INTRODUCCIÓN

El desgaste por fricción entre los elementos fijos y móviles de los motores de combustión interna, es uno de los factores principales para la pérdida de eficiencia [1] y energía [2]. El sistema de lubricación disminuye el desgaste por fricción pero la abrasión se considera como un mecanismo de desgaste dominante para el sistema pistón y cilindro [3]. El desgaste es evidenciado por la presencia de hierro o aluminio en el aceite



Compartir

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wärtsilä Vasa 32. Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>



Compartir

[4], y puede contener otras impurezas metálicas como por ejemplo: cromo, bario, manganeso, níquel [5]. Generalmente los elementos metálicos presentes en el diésel son: hierro, zinc y cobre; mientras que para el biodiesel son: zinc, cobre y manganeso [5].

El petróleo o crudo pesado utilizado en los motores, ha reportado la presencia de elementos como: níquel, cobre, plomo, hierro, magnesio, sodio, molibdeno, zinc, cadmio, titanio, manganeso, cromo, cobalto, antimonio, uranio, aluminio, estaño, bario, galio, plata, arsénico [6]. También el vanadio se encuentra en grandes cantidades con valores de 1100 mg/kg para el caso del petróleo venezolano [7], mientras que en la investigación efectuada en [8], no presenta datos del elemento para el crudo árabe. Por lo que, los crudos de distintas fuentes no tienen las mismas características [9].

La empresa de servicios petroleros utiliza motores estacionarios para la generación de energía eléctrica, uno de ellos es el Wärtsilä Vasa 32, el mismo que requiere crudo ecuatoriano como combustible y aceite Shell SAE 40 como lubricante. En los años 2018 y 2019, estos motores presentaron un aumento de presión en el cárter superior a los 2.5 mbar, lo que implicaba ejecutar acciones correctivas.

El aumento de presión en el cárter se produce por el descenso de la comprensión desde la cámara de combustión, debido a una camisa desgastada. El indicador utilizado para definir los valores de disminución de la potencia mensual, fue la temperatura de los gases de escape, cuyo rango debía mantenerse entre los 450 °C y 480 °C. La información de los parámetros del motor, se obtuvieron mediante el software de adquisición de datos denominado Wärtsilä Operators Interface System (WOIS). Es necesario destacar, que no han existido estudios referentes al desgaste de camisas en motores que utilicen crudo como combustible. Por lo tanto, con esta investigación, se pretende comprobar el desgaste de una camisa mediante la medición de su diámetro y rugosidad, para posteriormente, determinar y cuantificar los elementos abrasivos presentes en los fluidos mediante un análisis físico – químico, realizado en dos laboratorios internacionales. Finalmente, se determinará la dependencia y el modelo matemático que relaciona la potencia y la presión del cárter para este motor.

MÉTODO

Muestra / Materiales

Para la medición del diámetro y la rugosidad, se utilizó la camisa B7 del motor, por presentar menor comprensión con respecto a otros cilindros. Se extrajeron seis muestras de aceite y una de combustible para los análisis en los laboratorios. Las muestras se extrajeron durante el periodo abril – diciembre 2019, con un volumen de 250 ml cada una.

Normas éticas de investigación



Compartir

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wärtsilä Vasa 32. Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>



Compartir

La empresa propietaria del motor ha solicitado previamente que, por motivos de confidencialidad, no se agregue su nombre al presente documento. Sin embargo, se puede mencionar que se dedica a la prestación de servicios petroleros.

Instrumentos / Técnicas de recolección de datos

El análisis del combustible se realizó en el laboratorio Veritas Petroleum Service (VPS), y el análisis del aceite en el laboratorio Lube Oil Analysis Management System (LOAMS). Se utilizó el sistema WOIS para la obtención de datos de presión y potencia durante el periodo comprendido entre julio de 2018 a diciembre de 2019, correspondiente a 12000 horas de funcionamiento. Para medir el diámetro y la rugosidad de la camisa, se utilizó un micrómetro de interiores y un rugosímetro respectivamente.

Técnicas de análisis de datos

Se realizó una comparación entre los datos obtenidos con el micrómetro, el rugosímetro y los de laboratorio, con los datos recomendados por el fabricante del motor y por normas internacionales. Posteriormente, se determinó el Coeficiente de Correlación de Pearson para la medición de la dependencia entre la potencia y la presión. Por último, se obtuvo el modelo matemático de la potencia en función de la presión mediante una regresión lineal.

Procedimiento

En primer lugar, se obtuvieron los datos de presión y potencia por medio del WOIS durante las 12000 horas de funcionamiento. Desde el mes de abril de 2019, tiempo en el cual se evidenció el incremento de presión en el cárter, se procedió a la recolección y envío de las muestras del combustible y aceite a los laboratorios. Una vez culminadas las 12000 horas de funcionamiento del motor, previo al mantenimiento correctivo, se midió el diámetro y la rugosidad de la camisa B7 para comprobar el desgaste.

RESULTADOS

En la Tabla 1, se muestran los valores de desgaste de la camisa B7 y los resultados de los análisis de los fluidos con los valores límites permitidos.

Tabla 1. Resultados y valores recomendados por el fabricante

Diámetro de la camisa desgastada	Diámetro máximo permitido	Rugosidad media de la camisa desgastada	Rango de la rugosidad media permitida	Análisis VPM del Vanadio	Valor límite de Vanadio por VPM	Análisis LOAMS del Vanadio	Valor límite de Vanadio para el aceite
[mm]	[mm]	[μm]	[μm]	[mg/kg]	[mg/kg]	[ppm]	[ppm]
320.4	320.107	0.51	0.6 - 1.30	379	300	649.83	600



Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wärtsilä Vasa 32. Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".



Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>

En la Figura 1, se muestran el incremento de la presión y la disminución de la potencia durante las 12000 horas de funcionamiento.

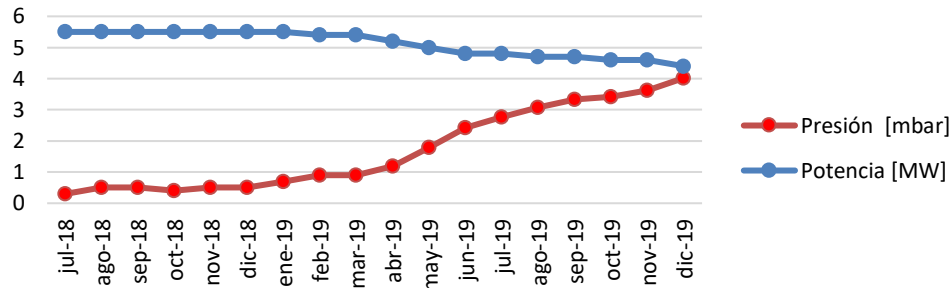


Figura 1. Curva de potencia y presión

Con base a la información anterior, en la Figura 2 se muestra la regresión lineal de la potencia del motor en función de la presión del cárter.

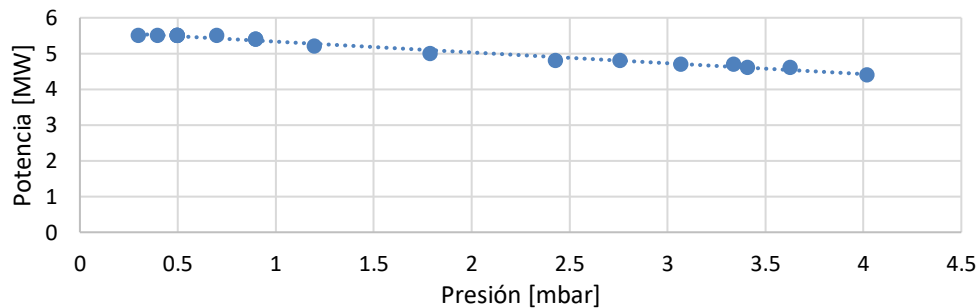


Figura 2. Regresión lineal de la potencia vs. presión

El Coeficiente de Correlación de Pearson entre la potencia (P) y presión (p), es igual a -0,99 lo que permite validar una función lineal entre las dos variables mediante la siguiente ecuación:

$$P(p) = -0.3023p + 5.6347 \quad (1)$$

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El diámetro de la camisa desgastada excede en 0.293 mm con respecto al límite máximo permitido por el fabricante, mientras que la rugosidad media se encuentra 0.09 μm por debajo de la rugosidad mínima permitida, lo que implica un exceso de ruido sobre la superficie.

El desgaste generado en las camisas del motor, provocó un aumento en la presión del cárter de 1.79 mbar a 4.02 mbar, obligando a la disminución de la potencia



por parte de los operadores desde 5.5 MW hasta 4.4 MW, con el objetivo de llegar al mantenimiento planificado de 12000 horas.

VPS manifiesta que el contenido de vanadio no debe superar los 300 mg/kg, según las normas IP 501, IP 470 o ISO 14597, por lo tanto, la cantidad de vanadio obtenido en el análisis, supera esta recomendación en 79 mg/kg. Por otra parte, los resultados de LOAMS indican que la cantidad de vanadio presente en el aceite, excede en un valor promedio de 49.83 ppm con respecto a lo que recomienda el fabricante [10]. Las cantidades de otros elementos dispersos en los fluidos, están dentro de las especificaciones recomendadas. Por lo tanto, el crudo ecuatoriano tiene altos niveles de vanadio, sin embargo, estos valores son inferiores con respecto al crudo venezolano.

Existe una dependencia casi perfecta entre la potencia y la presión, lo que permitió representar a la potencia como una función lineal decreciente.

FUENTES DE FINANCIAMIENTO

La presente investigación fue financiada en su totalidad por los autores.

DECLARACIÓN DE CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores declaran que no existe conflicto de interés alguno.

APORTE DEL ARTÍCULO EN LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Este artículo aporta a la determinación de los niveles de dispersión de los elementos abrasivos en el crudo ecuatoriano y cómo se comporta matemáticamente la potencia en función de la presión en un motor Wärtsilä Vasa V32.

DECLARACIÓN DE CONTRIBUCIÓN DE CADA AUTOR

Jorge Lema y Gerardo Arteaga, redacción y análisis de datos. William López, toma de muestras y recepción de resultados.

REFERENCIAS

- [1] I. Cesur, V. Ayhan, A. Parlak, Ö. Savaş, and Z. Aydin, "The Effects of Different Fuels on Wear between Piston Ring and Cylinder," *Adv. Mech. Eng.*, vol. 2014, 2014.
- [2] B. Zabala *et al.*, "Friction and wear of a piston ring/cylinder liner at the top dead centre: Experimental study and modelling," *Tribol. Int.*, vol. 106, pp. 23–33, 2017.
- [3] S. C. Tung and Y. Huang, "Modeling of abrasive wear in a piston ring and engine cylinder bore system©," *Tribol. Trans.*, vol. 47, no. 1, pp. 17–22, 2004.
- [4] C. N. Tejada Tovar, E. Quiñones Bolaños, and W. Fong Silva, "Caracterización físico-química de aceites usados de motores para su reciclaje," *Prospectiva*, vol.



Compartir

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wärtsilä Vasa 32. Número Especial "IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020".

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>




Compartir

15, no. 2, pp. 135–144, 2017.

- [5] P. Coufalík, T. Matoušek, K. Křůmal, M. Vojtíšek-Lom, V. Beránek, and P. Mikuška, “Content of metals in emissions from gasoline, diesel, and alternative mixed biofuels,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 26, no. 28, pp. 29012–29019, 2019.
- [6] M. Y. Khuhawar, M. Aslam, and T. M. Jahangir, “Determination of Metal Ions in Crude Oils,” *Crude Oil Emuls. Compos. Stab. Charact.*, no. March, 2012.
- [7] C. Hardaway, J. Sneddon, and J. N. Beck, “Determination of metals in crude oil by atomic spectroscopy,” *Anal. Lett.*, vol. 37, no. 14, pp. 2881–2899, 2004.
- [8] M. A. Gondal, T. Hussain, Z. H. Yamani, and M. A. Baig, “Detection of heavy metals in Arabian crude oil residue using laser induced breakdown spectroscopy,” *Talanta*, vol. 69, no. 5, pp. 1072–1078, 2006.
- [9] C. R. Evans, M. A. Rogers, and N. J. L. Bailey, “Evolution and alteration of petroleum in western Canada,” *Chem. Geol.*, vol. 8, no. 3, pp. 147–170, 1971.
- [10] Wäertsilä 4-stroke Technical Services, “Lubricating oil analysing and quality follow-up,” vol. 252, no. 5, pp. 1–8, 2016.

NOTA BIOGRÁFICA



Jorge Luis Lema Loja. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0002-1515-4526>
Es docente investigador de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Es Máster en Sistemas Automotrices. Su línea de investigación es la optimización de energías.



Gerardo Arteaga Rodríguez. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0001-5465-8551> Es docente investigador de la Universidad Tecnológica Indoamérica. Es Máster en Sistemas Automotrices. Su línea de investigación son los materiales automotrices.



Compartir

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wäertsilä Vasa 32. Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>



Compartir



William Paúl Lopez Morales. **ORCID iD**  <https://orcid.org/0000-0003-2485-0432>
Estudiante graduado de Ingeniero Industrial en la Universidad Tecnológica Indoamérica,
Es ingeniero de soporte de ventas en WÄRTSILÄ Ecuador.



This work is licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> or send a letter to Creative Commons, PO Box 1866, Mountain View, CA 94042, US



Compartir

Lema, Arteaga & López. Aumento de la presión del cárter por abrasión de los cilindros y la incidencia en la potencia del motor Wäertsilä Vasa 32.
Número Especial “IV Encuentro Internacional Ciencia, Tecnología e Innovación Indoamérica 2020”.

Julio – Diciembre de 2020

<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i4.341>



Compartir