

Impact of low quality diesel on the performance and maintenance costs of transportation equipment: a case of study

Walter Jeremías López Flores¹, Carlos Norberto Serrano¹, Sayra Kassandra Paz¹

¹Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Honduras, walter.lopez@unitec.edu.hn, norbertoserrano80@unitec.edu, kassandra_paz04@unitec.edu

Abstract– The quality of diesel is a critical factor for the performance of transportation equipment in companies, since using low-quality diesel can generate failures in the injection system, clogging of filters and other problems that imply an increase in maintenance costs and a decrease in performance, affecting the efficiency and profitability of companies. For this case of study, performance data and maintenance costs were collected from a Honduran transportation company that suspected that its diesel supply after a change of supplier was causing quality problems in its vehicle fleet, so a convenience sample of five teams which were monitored for two months: before and after the change to determine if there were statistically significant differences between both, finding through a t-Student test ($t(8) = 0.9518, p = 0.3691$) that there were no differences in performance and with a Mann-Whitney U test ($z = -1.991, p = 0.0465$) that in maintenance there were and both visually and with a probability $P(A > B) = 0.12$ it was shown that were higher in the second, so it is concluded that in the short term the performance of the equipment was not affected but there was a statistically significant increase in the average maintenance cost, which indicates that the new supplier is dispensing diesel from low quality so it is recommended to change it.

Keywords– Diesel quality, transportation equipment, maintenance costs, average comparison, supplier selection.

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).

ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).

DO NOT REMOVE

Impacto del diésel de baja calidad en el rendimiento y costos de mantenimiento de equipos de transporte: un caso de estudio

Walter Jeremías López Flores¹, Carlos Norberto Serrano¹, Sayra Kassandra Paz¹

¹Facultad de Postgrado, Universidad Tecnológica Centroamericana, UNITEC, Honduras, walter.lopez@unitec.edu.hn, norbertoserrano80@unitec.edu, kassandra_paz04@unitec.edu

Resumen– La calidad del diésel es un factor crítico para el desempeño de los equipos de transporte en las empresas, ya que el usar diésel de baja calidad puede generar fallas en el sistema de inyección, obstrucción de filtros y otros problemas que implican un aumento en los costos de mantenimiento y una disminución en su rendimiento, afectando la eficiencia y rentabilidad de las empresas. Para este caso de estudio se recopiló datos de rendimiento y costos de mantenimiento de una empresa de transporte hondureña que sospechaba que su suministro de diésel después de un cambio de proveedor le estaba acarreado problemas de calidad en su flota vehicular, por lo que se seleccionó una muestra por conveniencia de cinco equipos los cuales se monitorearon durante dos meses: el previo y posterior al cambio para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre ambos, encontrando mediante una prueba *t-Student* ($t(8) = 0.9518$, $p = 0.3691$) que no hubieron diferencias en el rendimiento y con una prueba *U de Mann-Whitney* ($z = -1.991$, $p = 0.0465$) que en el mantenimiento sí las hubieron y tanto visualmente como con una probabilidad $P(A > B) = 0.12$ se demostró que fueron mayores en el segundo, por lo que se concluye que en el corto plazo no se vio afectado el rendimiento de los equipos pero sí hubo un aumento estadísticamente significativo en el costo promedio de mantenimiento, lo cual indica que el nuevo proveedor está dispensando diésel de baja calidad por lo que se recomienda cambiarlo.

Palabras clave– Calidad de diésel, equipo de transporte, costos de mantenimiento, comparación de medias, selección de proveedores.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del diésel es un factor crítico para el desempeño de los equipos de transporte en las empresas, ya que el uso de diésel de baja calidad puede generar fallas en el sistema de inyección, obstrucción de filtros y otros problemas relacionados con el equipo de transporte los cuales pueden resultar en un aumento en los costos de mantenimiento y en disminución de su rendimiento lo cual afecta directamente la eficiencia y rentabilidad de las empresas.

La presente investigación es un estudio de caso aplicado en una empresa de logística y transporte hondureña que experimentaba una situación problemática relacionada con la calidad del diésel que adquiría de un proveedor local para su flota vehicular. Las empresas de transporte hondureñas no poseen un sistema de evaluación de calidad del diésel como parte del mantenimiento preventivo realizado a sus equipos, por lo que dicha tarea recae sobre los proveedores de combustible lo que aumenta la vulnerabilidad que estas tienen ante no conformidades en su calidad o posible adulteramiento [1].

Digital Object Identifier: (only for full papers, inserted by LACCEI).
ISSN, ISBN: (to be inserted by LACCEI).
DO NOT REMOVE

Si bien esta es una deficiencia a la que se encuentran expuestas las empresas en la realidad nacional, deben tomar en cuenta lo apuntado por [2] que en la medida que los motores se vuelven más eficientes y los requerimientos medioambientales son más rigurosos, se busca reducir las emisiones de la combustión de los vehículos a través de límites impuestos por regulaciones locales e internacionales, por lo que a pesar de que es importante contar con un marco regulatorio nacional su inexistencia no implica que la industria local deba omitir las normas internacionales en dicha materia.

Para cumplir dichos estándares, el diseño de los motores ha cambiado en el transcurso de los años, dirigiéndose a la producción de motores que permiten una combustión de alta presión y mayores temperaturas [3] pero esto los vuelve más sensibles a la formación de depósitos o daño en sus sistemas por contaminantes e impurezas en el diésel, que pueden ocasionar obstrucción de filtros de combustible, daño a sistemas de inyección y creación de depósitos en el motor, mientras que los biológicos, agua, aceites lubricantes, aditivos, lodo, metales, etc., ocasionan la formación de depósitos en el sistema de inyección [4, 5].

Considerando que se espera obtener mayor potencia y eficiencia de los motores diésel, la calidad de este juega un papel importante en obtener los resultados deseados y a la vez cumplir con las regulaciones sobre los estándares de emisión [6] ya que entre los contaminantes de emisiones por uso de combustible diésel se encuentran las partículas sólidas, óxidos de nitrógeno, hidrocarburos, monóxido de carbono, y otros contaminantes tóxicos, las cuales pueden ser ampliamente generadas al ser catalogado según [7] como un combustible muy popular para propulsar vehículos de carretera y motores y equipos fuera de carretera, tales como: coches, camiones, equipos agrícolas, de construcción, de minería, buques, locomotoras, dichos motores diésel representan aproximadamente un tercio de toda la flota de transporte en los EE.UU. siendo el combustible predominante utilizado para el envío y transporte de mercancías en dicho país el país y el mundo.

En 2021, el precio promedio final del diésel en las estaciones de servicio de los países del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) fue alrededor del 23,5% mayor que el registrado en 2020 [8], en los países de Centroamérica el precio por galón era más alto en el primer quinquenio de la última década, pero durante el período 2014-2016 se presentó una rebaja sustancial en los precios a partir de la cual se han mantenido durante el segundo quinquenio en un nivel más bajo

con respecto al anterior en el que el precio no ha sobrepasado el techo de \$3.63 por galón como se puede apreciar en la Fig. 1, en el caso específico de Honduras los precios del diésel se han ubicado históricamente igual o por encima del promedio del resto de países de la región y en los últimos años ha estado entre los tres países con los precios más altos solo por debajo de Costa Rica y Nicaragua. Guatemala, El Salvador y Panamá han mantenido los precios por debajo del promedio de la región.

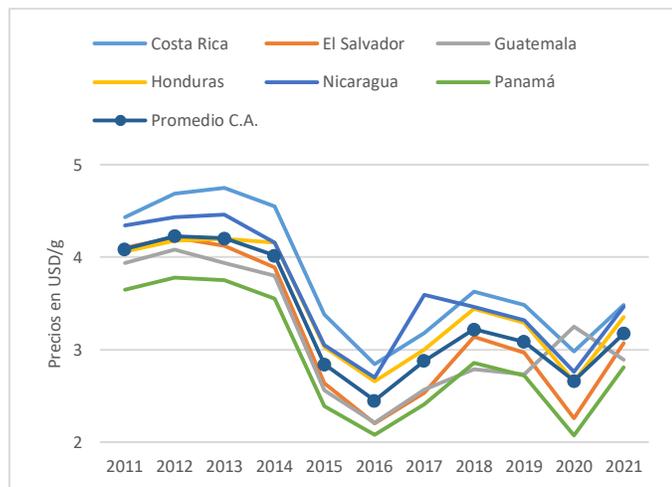


Fig. 1 Evolución del precio del diésel en Centroamérica 2011-2021 [8].

En el caso de Honduras el diésel es el segundo derivado de petróleo de mayor importación, en la última década ha rondado en un rango entre 24.11 y 27.85% de la importación total de derivados que representa entre 5 y 6 millones de barriles al año como se detalla a continuación en la Tabla I.

TABLA I
IMPORTACIONES DE DERIVADOS DE PETRÓLEO DE HONDURAS 2010-2021 (EN MILES DE BARRILES)

Derivados	2010	2011	2019	2020	2021
Gas licuado	4,917	6,281	5,000	4,769	5,305
Gasolinas	4,105	4,758	6,367	5,675	7,238
Kero / Jet	664	510	609	342	553
Diésel	5,087	6,168	6,838	5,997	6,966
Fuel oil	6,255	7,088	5,496	5,189	4,735
Otros	70	0	258	147	217
Total derivados	21,098	24,805	24,568	22,119	25,014
% Diésel	24.11%	24.87%	27.83%	27.11%	27.85%

Siendo un producto de alta importación y consumo en el país, además de tener precedentes de adulteración con queroseno [1], los efectos negativos de la presencia de contaminantes son identificados por las empresas de transporte al momento de observar daños, fallas, cambio en los patrones de consumo y reducción de rendimiento de sus equipos, lo que les genera un aumento en el costo de mantenimientos correctivos, además de afectar los costos de consumo de combustible acrecentando el costo operativo de la empresa, situación que no es inusual en empresas de transporte del mundo; [9] estableció sobre el análisis de los costos operacionales de transporte en 2019 que los dos componentes

más importantes que ocasionan un aumento a los costos de mantenimiento de los equipos son: gastos más elevados en diagnosticar, reparar y mantener equipos con sistemas más sofisticados; y costos de mano de obra por escasez de técnicos en diésel. En general, el costo de mantenimiento ha incrementado un 66% desde 2008 a 2018 y según [10] y [11] los parámetros de mayor interés para mejorar los indicadores de rendimiento y costos de mantenimiento son el contenido de agua en el diésel, cantidad de materia particulada, número de acidez, densidad y contenido microbiológico.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño del estudio

El estudio fue de enfoque cuantitativo, alcance explicativo y diseño no experimental longitudinal según clasificación de [12] siendo de tipo estudio de caso el cual es un tipo de investigación empírica que analiza un fenómeno contemporáneo en su contexto real [13].

Para ello se recopilaban datos del sistema ERP de la empresa objeto de estudio y del sistema GPS instalado en los vehículos de transporte equivalente a dos meses de operación de la siguiente manera: un mes antes del cambio de proveedor de diésel y un mes posterior a este, dicho período corresponde a los meses de octubre y noviembre de 2023 entre los cuales se realizó dicho cambio.

Los datos primarios corresponden a las transacciones de compras por necesidades de mantenimiento correctivo, abastecimiento de combustible y datos de distancia recorrida en sistema GPS en el mes previo y el mes posterior al cambio de proveedor. El procesamiento de estos fue realizado en conjunto con los paquetes estadísticos Stata/BE 17.0 y Minitab 21.2 en los que se efectuaron las pruebas de normalidad, comprobación de hipótesis estadísticas y gráficas respectivas.

Adicionalmente se realizaron comparaciones de resultados y de recomendaciones de mejora utilizando fuentes de datos secundarios e información disponible encontrada mediante revisión sistemática de literatura a través de motores de bases de datos académicos.

B. Población y muestra

La empresa contaba con una flota vehicular de 20 unidades, de las cuales se realizó un análisis preliminar para identificar los vehículos que presentaban indicativos de problemas relacionados con el uso de diésel de baja calidad tales como: filtros obstruidos, daño en bombas de inyección, cambio de inyectores, entre otros seleccionando una muestra de cinco vehículos mediante muestreo no probabilístico por conveniencia.

C. Medición de variables e hipótesis de investigación

El rendimiento y costo de mantenimiento se evaluaron mediante el registro diario de la cantidad de combustible consumido y la distancia recorrida por cada vehículo en los dos períodos de evaluación, así como los costos de mantenimiento incurridos durante el tiempo evaluado de acuerdo a las siguientes fórmulas:

$$R = \frac{D}{Q} \quad (1)$$

Donde:

$R \rightarrow$ Rendimiento de un equipo en Km. por galón de diésel.

$D \rightarrow$ Distancia diaria recorrida en Km. por el equipo.

$Q \rightarrow$ Cantidad de diésel diario consumido por el equipo.

$$M = \frac{C}{D} \quad (2)$$

Donde:

$M \rightarrow$ Costo de mantenimiento en Lps. por Km. recorrido.

$C \rightarrow$ Costo diario de mantenimiento en Lps.

$D \rightarrow$ Distancia diaria recorrida en Km. por el equipo.

Para comprobar el efecto del cambio de proveedor de diésel en el rendimiento de los vehículos entre el proveedor A que abastecía en el mes anterior con respecto al proveedor B quien es el proveedor actual y que aseguraba un abastecimiento de diésel de mejor calidad se estableció la siguiente hipótesis $H1$ nula y alternativa:

$H1_0: \bar{R}_A = \bar{R}_B$ No existen diferencias significativas entre el rendimiento promedio de los equipos antes y después del cambio de proveedor.

$H1_1: \bar{R}_A \neq \bar{R}_B$ Existen diferencias significativas entre el rendimiento promedio de los equipos antes y después del cambio de proveedor.

Para comprobar el efecto del cambio de diésel en el costo de mantenimiento de los vehículos entre el proveedor A con respecto al proveedor B se estableció la siguiente hipótesis $H2$ nula y alternativa:

$H2_0: \bar{M}_A = \bar{M}_B$ No existen diferencias significativas entre el costo de mantenimiento promedio de los equipos antes y después del cambio de proveedor.

$H2_1: \bar{M}_A \neq \bar{M}_B$ Existen diferencias significativas entre el costo de mantenimiento promedio de los equipos antes y después del cambio de proveedor.

La comprobación de ambas hipótesis se realizó mediante pruebas de comparación de medias siguiendo el siguiente modelo empírico de estudio en el que se relacionan con las variables de estudio:

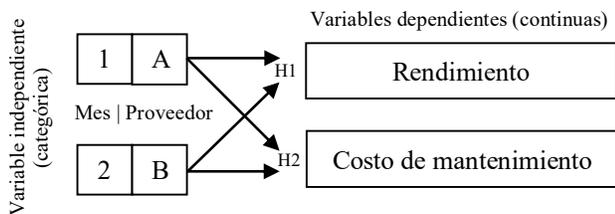


Fig. 2 Modelo empírico del estudio.

La metodología anteriormente descrita ya ha sido utilizada en estudios previos, [14] analizó el desempeño de una flota vehicular utilizando métricas similares relacionadas con rendimiento y mantenimiento luego de cambiar de diésel a biodiésel derivado de soja, recolectando datos de antes y después de la transición y aplicando una prueba t de dos muestras para determinar si hubo diferencias significativas entre ambos tipos de combustibles.

III. RESULTADOS

A. Análisis exploratorio de datos

Los datos de la muestra de equipos se detallan en la Tabla II junto a sus estadísticos descriptivos: el rendimiento promedio de octubre correspondiente al proveedor A fue de 5.156 con una desviación típica de 2.755 y en noviembre correspondiente al proveedor B fue de 3.746 con una desviación de 1.839, en ambos casos los valores de sus medias son parecidas y sus desviaciones son inferiores a estas, lo cual denota que no tienen mucha dispersión lo cual se respalda con los valores de asimetría y curtosis similares obtenidos en ambos grupos. Los valores de las medias de ambos meses se acercan bastante a los de las medianas (6.56 y 4.65 respectivamente) lo cual muestra que hay bastante centralidad en la distribución de datos de dicha variable.

TABLA II
DATOS DE RENDIMIENTO Y COSTO DE MANTENIMIENTO DE LA MUESTRA

Unidad	Rendimiento promedio		Costo de mantenimiento promedio	
	Octubre	Noviembre	Octubre	Noviembre
E1	1.85	1.70	3.93	206.63
E2	2.50	1.81	76.16	298.11
E3	6.56	4.65	3.17	11.97
E4	7.34	5.43	0.00	15.48
E5	7.53	5.14	0.00	28.64
Estadísticos:				
Media	5.156	3.746	16.652	112.166
Q1	2.5	1.81	0	15.48
Mediana	6.56	4.65	3.17	28.64
Q3	7.34	5.14	3.93	206.63
Varianza	7.59023	3.38263	1,109.849	17,465.66
Desv. Est.	2.755037	1.83919	33.3144	132.1577
Asimetría	-0.378337	-0.34136	1.48913	0.578766
Curtosis	1.234574	1.20327	3.23548	1.548846

En el caso del costo de mantenimiento promedio de octubre correspondiente al proveedor A fue de 16.652 con una desviación típica de 33.3144 y en noviembre correspondiente al proveedor B fue de 112.166 con una desviación de 132.1577, mostrando valores muy alejados entre sus medias y en el caso de sus desviaciones estándar ambas son superiores a sus promedios, lo cual denota mucha dispersión especialmente en el segundo mes después del cambio mientras que los valores de asimetría y curtosis fueron más altos durante el primer mes antes del cambio de proveedor, así mismo los valores de las medias están muy alejados de sus respectivas medianas lo cual refuerza la alta dispersión de los datos de esta variable de estudio.

B. Pruebas de normalidad, varianza y comprobación de hipótesis

La prueba paramétrica *t*-Student para dos muestras independientes requiere que la variable dependiente tenga una distribución normal dentro de cada grupo [15, 16], por lo que se aplicó a las variables rendimiento y mantenimiento la prueba Shapiro-Wilk dentro de cada mes correspondiente a los proveedores A y B. Dicha prueba establece como H_0 la normalidad de los datos y como H_1 que estos no se ajustan a una distribución normal.

Los valores *p* obtenidos se muestran en la Tabla III y se interpretan de la siguiente manera: para la variable rendimiento en ambos grupos resultaron superiores al nivel de significancia de 0.05, por lo que no fue rechazada la hipótesis nula de normalidad en ambas muestras; caso contrario se obtuvo con la variable mantenimiento que presentó un valor *p* de 0.00367 < 0.05 en el primer estrato correspondiente al mes de octubre, con lo que se rechaza la hipótesis de que los datos sean normales para dicha variable en dicho estrato, por lo que al no cumplir el supuesto de normalidad en ambos grupos según [15] se debe aplicar la prueba no paramétrica equivalente U de Mann-Whitney para comprobar si existen diferencias entre las medias de ambos grupos para dicha variable.

TABLA III
RESULTADOS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD SHAPIRO-WILK

Mes	Variable	Obs	W	V	z	Prob > z
1	Rendimiento	5	0.80487	2.303	1.349	0.08873
	Mantenimiento	5	0.66202	3.990	2.681	0.00367
2	Rendimiento	5	0.79650	2.402	1.434	0.07585
	Mantenimiento	5	0.79936	2.368	1.405	0.08006

Adicionalmente al supuesto de normalidad entre variables se debe verificar el supuesto de homogeneidad de varianzas ya que la prueba *t* asume las varianzas de los dos grupos que mide son iguales en la población y en caso de ser desiguales puede afectar la tasa de error Tipo I [17], por lo que se procedió a aplicar a la variable rendimiento que fue la única que resultó ser normal en sus grupos una prueba robusta de Levene para determinar la igualdad de varianza entre ambos meses cuyos resultados se muestran a continuación en la Tabla IV.

TABLA IV
RESULTADOS DE LA PRUEBA ROBUSTA DE LEVENE PARA IGUALDAD DE VARIANZAS ENTRE LOS GRUPOS DE LA VARIABLE RENDIMIENTO

Mes	\bar{x}	s	f
1	5.1560001	2.7550373	5
2	3.746	1.8391927	5
Total	4.451	1.8391927	10
W0 =	4.52894084	Pr > F =	0.06598471
W50 =	0.37221088	Pr > F =	0.55872909
W10 =	4.52894084	Pr > F =	0.06598471
	df (1, 8)		

La desviación típica del rendimiento de los equipos durante el primer mes correspondiente al proveedor A fue de 2.7550 mientras que el siguiente mes con el proveedor B fue de 1.8392,

descriptivamente la variación del primer mes es mayor a la del siguiente en que se cambió proveedor, pero para determinar si esta diferencia es estadísticamente significativa la prueba de Levene establece 3 estadísticos distintos: W0 centrado en la media, W50 centrado en la mediana y W10 centrado en la media recortada del 10%, es decir el 5% superior y 5% inferior de los valores que se recortan para que no influyan demasiado en la prueba [17].

Los resultados mostraron que, sin importar la versión del estadístico utilizado, el valor *p* obtenido para cada uno fue superior al nivel de significancia de 0.05, lo cual indica que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre las varianzas de ambos proveedores, por lo que se debe aplicar para esta variable una prueba *t*-Student asumiendo igualdad de varianzas entre grupos.

TABLA V
RESULTADOS PRUEBA T-STUDENT PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO

Proveedor	Obs	Media	Error est.	Desv. est.	Intervalo de confianza 95%	
A	5	5.156	1.2321	2.7550	1.7352	8.5768
B	5	3.746	0.8225	1.8392	1.4623	6.0297
Combinado	10	4.451	0.7368	2.3300	2.7842	6.1178
diferencia		1.41	1.4814		-2.0061	4.8261

diferencia= media (A) –media (B) t = 0.9518
 Ho: diferencia = 0 Grados de libertad = 8

Ha: diferencia < 0 Ha: diferencia ≠ 0 Ha: diferencia > 0
 Pr (T < t) = 0.8155 Pr (|T| > |t|) = 0.3691 Pr (T > t) = 0.1845

Los resultados de la prueba paramétrica seleccionada para la variable Rendimiento se despliegan en la Tabla V, en la que se obtuvo un estadístico *t* con 8 grados de libertad de 0.9518 y todos los valores *p* obtenidos fueron mayores que el nivel de significancia de 0.05 por lo que no existe la suficiente evidencia estadística para rechazar la H_{10} de que no existen diferencias entre el rendimiento promedio de los equipos durante ambos meses entre el cambio de proveedores de diésel.

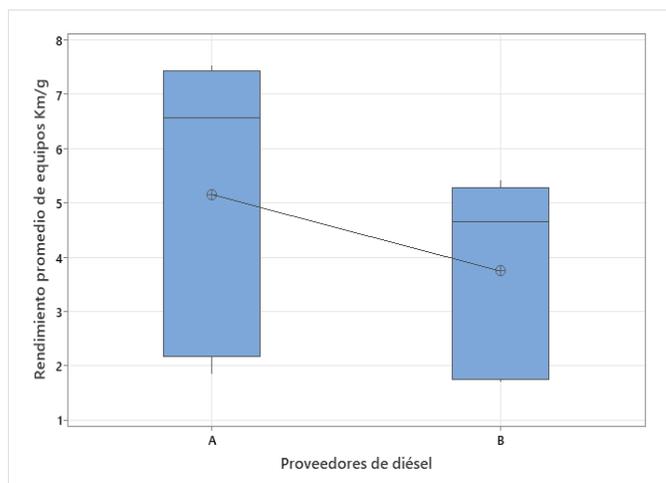


Fig. 3 Diagrama de caja y bigote del rendimiento por proveedor de diésel.

En la Fig. 3 se muestra gráficamente las diferencias entre ambos grupos, a pesar de que visualmente se puede apreciar un mayor rendimiento de kilómetros por galón de diésel antes de realizar el cambio del proveedor A por el B la prueba anterior concluyó que esta diferencia no tuvo significancia estadística. Para determinar si hubo diferencias significativas entre el costo promedio de mantenimiento entre los equipos con el cambio de proveedor se utilizó la prueba no paramétrica U de Mann-Whitney dado que dicha variable resultó no normal en uno de los meses según la prueba Shapiro-Wilk aplicada obteniendo los resultados desplegados en la Tabla VI.

TABLA VI
RESULTADOS DE LA PRUEBA U DE MANN-WHITNEY PARA LA VARIABLE MANTENIMIENTO

Proveedor	Observaciones	Suma de rangos	Esperado
A	5	18	27.5
B	5	37	27.5
Combinado	10	55	55
Varianza sin ajustar		22.92	
Ajuste por empates		-0.14	
Varianza ajustada		22.78	
Ho: $\text{Manten} \sim o(\text{Mes} = 1) = \text{Manten} \sim o(\text{Mes} = 2)$			$z = -1.991$
P{ $\text{Manten} \sim o(\text{Mes} = 1) > \text{Manten} \sim o(\text{Mes} = 2)$ }			Prob $> z = 0.0465$
			0.120

El valor p obtenido fue de $0.0465 < 0.05$ por lo que se rechaza la H_{20} planteada que establece que no existen diferencias significativas entre ambos grupos, la prueba también estimó la probabilidad de que el costo promedio de mantenimiento del primer mes con el proveedor A haya sido mayor al del segundo en que se cambió al proveedor B en un 12%, por lo que la probabilidad de que el costo se haya incrementado después de hacer dicho cambio sería del 88%, lo cual se aprecia gráficamente en la Fig 4.

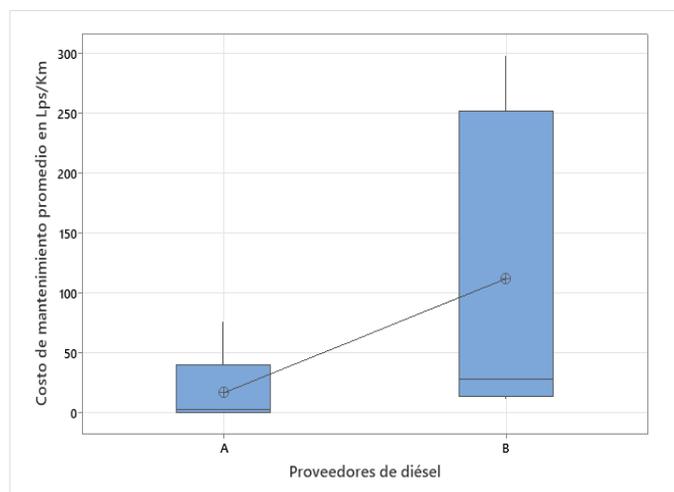


Fig. 4 Diagrama de caja y bigote del costo de mantenimiento por proveedor.

En dicha gráfica se aprecia una gran brecha entre las diferencias entre ambos grupos en comparación con la Fig. 3, donde claramente se describe un mayor costo promedio en

Lempiras por kilómetro incurridos en mantenimiento de los equipos después del cambio del proveedor A por el B. La prueba anterior concluyó que esta diferencia sí tuvo significancia estadística.

IV. CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos no se rechazó la hipótesis nula de investigación H1 ya que las pruebas indican que no hubo diferencias significativas entre el rendimiento promedio que presentaron los equipos de la empresa antes y después del cambio de proveedores, es decir que el desempeño promedio de los equipos fue igual con ambos proveedores de diésel.

En cuanto a la hipótesis nula de investigación H2 esta sí fue rechazada ya que se demostró suficiente evidencia estadística para comprobar que sí existieron diferencias significativas entre el costo de mantenimiento promedio de los equipos antes y después del cambio de proveedores, demostrando que este fue mayor con el nuevo proveedor, por lo que se presume que la calidad del diésel que está abasteciendo no es la misma que le ofrecía el proveedor anterior.

Los resultados del estudio indican que con un nivel de significancia de 5% al menos en el corto plazo la calidad de diésel dispensada por cada proveedor no afectó el rendimiento de los equipos, pero sí impactó incrementando el costo de mantenimiento en que la empresa debe incurrir para el funcionamiento de estos, lo cual implica una reducción de su margen de utilidad, por lo que se recomienda a la empresa revertir dicha decisión administrativa.

Una consideración importante de la investigación es que al ser un caso de estudio los resultados no pueden ser generalizados a toda una industria, sector o rama de la ciencia en general; si bien es cierto lo anterior podría pensarse como una limitante, lejos de ello el aplicar métodos estadísticos ampliamente probados y validados para sustentar la toma de decisiones informada dentro de las empresas es crucial tanto para ingenieros como administradores, y al pasar de un nivel de análisis estadístico descriptivo, que es el más utilizado dentro de las organizaciones, a un nivel de análisis inferencial se pueden alcanzar mejores resultados en el desempeño profesional y en el aseguramiento de la calidad en la gestión.

V. AGRADECIMIENTO

A mis exalumnos Carlos Serrano y Sayra Paz por su especial dedicación al presente estudio y creer en el aprendizaje basado en la investigación aplicada para su crecimiento académico y profesional.

REFERENCIAS

- [1] K. Vásquez, "Ingresan gasolina y diésel adulterados a Honduras" *El Heraldó*, Enero 6, 2013. [Online]. Disponible: <https://www.elheraldo.hn/economia/ingresan-gasolina-y-diesel-adulterados-a-honduras-MLEH609894> [Accedido Diciembre 5, 2023].
- [2] R. Lee, J. Pedley and C. Hobbs, "Fuel Quality Impact On Heavy Duty Diesel Emissions: A Literature Review" in *SAE Transactions*, 107, 1998, pp.1952-1970. <http://www.jstor.org/stable/44746598>.

- [3] J. M. Luján, V. Bermúdez, B. Tormos, and B. Pla, “Comparative analysis of a DI diesel engine fueled with biodiesel blends during the European MVEG-A cycle: Performance and emissions (II)” in *Biomass & Bioenergy*, vol. 33, no. 6-7, pp. 948-956, Jun. 2009. doi:10.1016/j.biombioe.2009.02.003.
- [4] J. Barker, P. Richards, M. Goodwin, and J. Wooller, “Influence of High Injection Pressure on Diesel Fuel Stability: A Study of Resultant Deposits” in *SAE International Journal of Fuels and Lubricants*, vol. 2, no. 1, pp. 877-884, 2009. <http://www.jstor.org/stable/26273434>.
- [5] V. Deulgaonkar, K. Joshi, P. Jawale, S. Bhutada, and S. Fernandes, “Failure analysis of timing device piston and supply pump vanes in fuel injection system for transport utility vehicles,” *Journal of Failure Analysis and Prevention*, vol. 21, no. 1, pp. 172–178, Oct. 2020. doi:10.1007/s11668-020-01052-z
- [6] L. Hao *et al.*, “Study of durability of diesel vehicle emissions performance based on real driving emission measurement,” *Chemosphere*, vol. 297, p. 134171, Jun. 2022. doi:10.1016/j.chemosphere.2022.134171
- [7] EPA, “About Diesel Fuels” *United States Environmental Protection Agency*. [Online]. Disponible: <https://www.epa.gov/diesel-fuel-standards/about-diesel-fuels>
- [8] E. Torrijano, “Centroamérica y la República Dominicana: estadísticas de hidrocarburos, 2021,” *Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*, 2021. [Online]. Available: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/1eebecb4-67e0-4a81-a57b-ecda9e083aff/content>
- [9] S. Glidewell, “An Analysis of the Operational Costs of Trucking: 2019 Update” *American Transportation Research Institute*, Noviembre 2010. [Online]. Disponible: <https://truckingresearch.org/wp-content/uploads/2019/11/ATRI-Operational-Costs-of-Trucking-2019-1.pdf>
- [10] E. Lois, E. L. Keating and A. Gupta, “Fuels” in *Encyclopedia of Physical Science and Technology*, 1st ed., Academic Press, Ed. R. A. Meyers. 2003, pp.275-314.
- [11] N. J. Achebe, “Diesel Fuel Contaminated with Lighter Hydrocarbon Fuel,” in 73rd STLE Annual Meeting and Exhibition, May 2018. [Online]. Disponible: https://www.stle.org/images/pdf/STLE_ORG/AM2018%20Presentations/Power%20Generation/STLE2018_Power%20Generation%20III_Session%203J_N.%20Achebe_Diesel%20Fuel%20Contaminated%20with%20Lighter%20Hydrocarbon%20Fuel.pdf
- [12] R. Hernández, C. Fernández and P. Baptista, *Metodología de la Investigación*, 6th ed. México, D.F: McGraw Hill, 2014.
- [13] V. E. Jiménez Chaves, “El Estudio de Caso y su implementación en la investigación,” *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2226-40002012000100009 (accessed Jan. 30, 2024).
- [14] S. O. Shrake, A. M. Landis, M. B. Melissa, W. O. Collinge and X. Xue, “A comparative analysis of performance and cost metrics associated with a diesel to biodiesel fleet transition” in *Energy Policy*, vol. 38, no. 11, pp. 7451-7456, 2010. doi:10.1016/j.enpol.2010.08.031.
- [15] Laerd Statistics, “Independent t-test for two samples” [Online]. Disponible: <https://statistics.laerd.com/statistical-guides/independent-t-test-statistical-guide.php> (accessed Nov, 2023).
- [16] W. J. López Flores. “Analysis of motivation and labor performance with a gender approach: the case of a commercial company” in *Leadership in Education and Innovation in Engineering in the Framework of Global Transformations: Integration and Alliances for Integral Development: Proceedings of the 21st LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. 2023 [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2023.1.1.1467>.
- [17] Zach, “How to Perform Levene’s Test in Stata” *statology.org* [Online]. Disponible: <https://www.statology.org/levenes-test-stata/> (accessed Nov, 2023).