

# TECNOLÓGICO UNIVERSITARIO

## VIDA NUEVA

### SEDE MATRIZ



### TECNOLOGÍA SUPERIOR EN MECANICA AUTOMOTRIZ

#### TEMA

OPTIMIZACIÓN Y REPOTENCIACIÓN DEL SISTEMA HIDRÁULICO PARA EL  
COSQUÍLLATE PARA EL CAMIÓN HINO MODELO XZU413LHKMQD3 DE LA  
EMPRESA PUBLICA TRANSPORTE DE PASAJEROS QUITO, EN EL CONTEXTO DE  
MEJORA CONTINUA Y EFICIENCIA OPERATIVA

#### PRESENTADO POR

CACERES VELASQUEZ HUGO XAVIER

QUIGUANGO CORTEZ MANUEL MESÍAS

#### TUTOR

ING. IZA CASA LUIS FRANCISCO MG.

#### FECHA

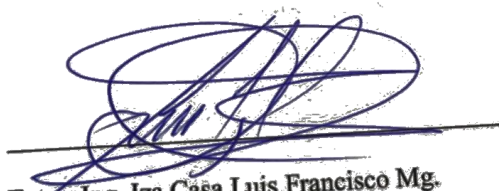
ENERO 2024

QUITO – ECUADOR

### **Certificación del Tutor**

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Aplicación Práctica con el tema: “Optimización y repotenciación del sistema hidráulico para el cosquillate para el camión Hino modelo xzu413lhkmd3 de la empresa pública transporte de pasajeros Quito, en el contexto de mejora continua y eficiencia operativa”, presentado por el ciudadano Quiguango Cortez Manuel Mesías y Caceres Velasquez Hugo Xavier , para optar por el título de Tecnólogo Superior en Mecánica Automotriz, certifico que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

En la ciudad de Quito, del mes de enero de 2024.



Tutor: Ing. Iza Casa Luis Francisco Mg.  
C.I.: 1721610457

Tutor: Ing. Iza Casa Luis Francisco Mg.

C.I.: 1721610457

### Aprobación del Tribunal

Los miembros del tribunal aprueban el Proyecto de Aplicación Práctica, con el tema: “Optimización y repotenciación del sistema hidráulico para el cosquillate para el camión Hino modelo xzu413lhkmd3 de la empresa pública transporte de pasajeros Quito, en el contexto de mejora continua y eficiencia operativa”, presentado por los ciudadanos Quiguango Cortez Manuel Mesías y Caceres Velasquez Hugo Xavier, facultados en la carrera Tecnología Superior en Mecánica automotriz.

Para constancia firman:

---

Nombre:

C.I.:

**DOCENTE**

---

Nombre:

C.I.:

**DOCENTE**

---

Nombre:

C.I.:

**DOCENTE**

### **Cesión de Derechos de Autor**

Yo, Quiguango Cortez Manuel Mesías portador de la cédula de ciudadanía 1724567316 y Caceres Velasquez Hugo Xavier portador de la cédula de ciudadanía 1713296877, facultados en la carrera Tecnología Superior en Mecánica Automotriz, autores de esta obra, certifico y proveo al Tecnológico Universitario Vida Nueva usar plenamente el contenido de este Proyecto de Aplicación Práctica con el tema “Optimización y repotenciación del sistema hidráulico para el cosquillate para el camión Hino modelo xzu413lhkmaq3 de la empresa pública transporte de pasajeros Quito, en el contexto de mejora continua y eficiencia operativa”, con el objeto de aportar y promover la cultura investigativa, autorizando la publicación de nuestro proyecto en la colección digital del repositorio institucional, bajo la licencia Creative Commons: Atribución-No Comercial-Sin Derivadas.

En la ciudad de Quito, del mes de enero de 2024

---

Quiguango Cortez Manuel Mesías

C.I.: 1724567316

---

Caceres Velasquez Hugo Xavier

C.I.: 1713296877

### **Dedicatoria**

Al todopoderoso, por fortalecerme durante toda esta causa académica, iluminando mi camino y concediéndome sabiduría y perseverancia, a mi amada esposa Carina, por su amor incondicional, durante esta jornada académica. Tu aliento y comprensión han sido fundamentales para alcanzar este logro.

Att: Manuel Mesías Quiquango Cortez

A Magdalena Velásquez, por su constante apoyo y sabios consejos que han iluminado mi camino académico, a mi querido padre, Víctor Cáceres, por ser mi fuente inagotable de inspiración y por su inquebrantable apoyo en cada paso de este viaje. a mi amiga Celeste Barrera, por su amistad sincera y por estar siempre presente en los momentos clave de mi vida, a mi amigo Alex Pérez, por su ánimo incondicional y por compartir conmigo este emocionante camino hacia el logro de nuestros sueños.

Att: Caceres Velasquez Hugo Xavier

### **Agradecimiento**

Agradezco de manera especial al Mg. Luis Iza, por su invaluable orientación académica por compartir su profundo conocimiento con generosidad y dedicación.

También deseo dar las gracias las personas ayudaron a que llegue a mi meta deseada. Su apoyo y aliento fueron fundamentales en cada etapa del proceso.

Att: Quiguango Cortez Manuel Mesías

Quiero expresar mi profundo agradecimiento al Mg. Luis Iza, cuya guía experta y compromiso académico fueron fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación. Su invaluable apoyo y consejos han enriquecido significativamente este proyecto.

Asimismo, agradezco sinceramente a todas las personas que han contribuido con sus conocimientos, consejos y estímulo durante esta travesía académica. Sus aportes han sido esenciales para alcanzar este logro.

Att: Caceres Velasquez Hugo Xavier

## Tabla de Contenido

Resumen	10
Abstract	11
Introducción	12
Planteamiento del Problema	13
Descripción de la Situación Problemática	13
Formulación del Problema	14
Objetivos	15
Objetivo General	15
Objetivos Específicos	15
Justificación	16
Antecedentes	17
Marco Teórico	18
Conceptos Iniciales	18
Potenciación Adicional	18
Ascensor industrial	18
Equipo de levantamiento mecánico	18
Híbridos Electro-mecánico	18
Equipos hidráulicos	19
Normas de la Hidráulica	19
Energía Hidráulica	19
Caudal Hidráulico	19
Pérdida de Carga en Hidráulica	20

	8
Teoremas Básicos	21
Ley de Pascal	21
Estudios del Teorema de Pascal: Prensa Hidráulica	24
Accesorios Hidráulicos	26
Dispositivo de Bombeo Hidráulico	27
Actuadores Hidráulicos	27
Dispositivo de Regulación Hidráulica	29
Acoplamiento de Potencia	29
Tipos de Acoples de Potencia	30
Acoples de Potencia de Engrane Único	30
Acoplamiento de Potencia de Engranés Múltiples	30
Acoplamiento de Potencia Reversibles	31
Acoplamiento de Potencia de más de 2 Pernos	32
Acoplamiento de Potencia por Cambio de Embregue	33
Metodología y Desarrollo del Proyecto	35
Propuesta	41
Elección del Acoplamiento de Potencia	42
Sistematización del Acoplamiento de Potencia	42
Determinación del Par Out del Acoplamiento de Potencia	44
Determinación y Elección del Dispositivo de Bombeo Fluídico	46
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias	57





## **Resumen**

En esta investigación se aborda la corrección de la eficacia del motor turboalimentado, el cual utiliza la empresa EPTPQ. El estudio enmarcara en mejorar la eficiencia operativa, buscando maximizar el rendimiento y la fiabilidad del sistema hidráulico para el Cosquillate. Se analizan técnicas y metodologías para identificar áreas de mejora, implementando ajustes que no solo potencien el desempeño del camión, sino que también contribuyan a la sostenibilidad operativa y económica de la empresa. A través de pruebas rigurosas y análisis detallados, se evalúan diferentes aspectos del sistema hidráulico, incluyendo su capacidad de respuesta, eficiencia energética y durabilidad, proponiendo una nueva forma de implementar nuevas tecnologías avanzadas, asegurando que el sistema optimizado opere al cien por ciento. Este estudio no solo busca mejorar el rendimiento del camión, sino también establecer un modelo de gestión que promueva la innovación del transporte de pasajeros.

**Palabras Clave:** OPTIMIZACIÓN HIDRÁULICA, EFICIENCIA OPERATIVA, MEJORA CONTINUA

### **Abstract**

This research addresses the correction of the efficiency of the turbocharged engine used by the company EPTPQ. This study is framed to improve the operational efficiency, seeking to maximize the performance and reliability of the hydraulic system for the Cosquillate. Techniques and methodologies are analyzed to identify areas of improvement, implementing adjustments that not only enhance the performance of the truck, but also contribute to the operational and economic sustainability of the company. Through rigorous testing and detailed analysis, different aspects of the hydraulic system area evaluated, including its responsiveness, energy efficiency and durability, proposing a new way to implement new advanced technologies, ensuring that the optimized system operates at 100 percent. This study not only seeks to improve the truck's performance, but also to establish a management model that promotes innovation in passenger transportation.

**Keywords:** HYDRAULIC OPTIMIZATION, OPERATIONAL EFFICIENCY, CONTINUOUS IMPROVEMENT.

## **Introducción**

El sector del transporte de pasajeros enfrenta constantes desafíos en la mejora de la operatividad y la sostenibilidad económica, optimizando componentes hidráulicos del automotor, el mismo que es utilizado por EPTPQ, emergiendo como una necesidad estratégica.

Este estudio se ajusta en la optimización relacionado a la funcionalidad/fiabilidad del sistema hidráulico, esencial para el beneficio del Cosquillaje diésel.

La investigación aborda la implementación de técnicas avanzadas y metodologías de análisis para identificar áreas de mejora, asegurando no solo la eficiencia energética y la capacidad de respuesta del sistema, sino también su durabilidad bajo condiciones operativas exigentes.

Además, se propone un plan de acción que integra tecnologías innovadoras y programas de capacitación, elevando la seguridad, promoviendo una gestión eficaz y sostenible en el servicio de transporte de pasajeros.

## Planteamiento del Problema

### Descripción de la Situación Problemática

Según Smith (2019), “la gestión eficiente de los sistemas hidráulicos en el transporte de pasajeros es crucial para asegurar la operatividad continua y minimizar costos operativos”. “La falta de optimización adecuada puede llevar a una menor eficiencia energética y a un aumento en los tiempos de inactividad del vehículo” (Brown, 2017). Este contexto subraya la importancia de implementar estrategias avanzadas de mantenimiento y mejora continua para maximizar la confiabilidad y rendimiento del sistema hidráulico del camión Hino modelo XZU413LHKMQD3, utilizado por la EPMTQP.

La necesidad de abordar estas deficiencias técnicas se vuelve crucial no solo para mejorar la competitividad y eficiencia operativa de la empresa, por lo que (Green, 2020) menciona lo siguiente:

Para mantener estándares óptimos de calidad y seguridad en el servicio de transporte de pasajeros. La implementación de tecnologías avanzadas y la capacitación del personal son fundamentales para asegurar que el sistema hidráulico cumpla con las demandas operativas actuales y futuras, optimizando así el uso de recursos y minimizando el impacto ambiental asociado con la operación de flotas de transporte público. (pp. 23-34)

Como menciona (Arrègle, 2024), “este enfoque no solo busca resolver los desafíos técnicos específicos del sistema hidráulico del camión Hino, sino también establecer un modelo de gestión integral que promueva la innovación continua y la excelencia en el servicio de transporte de pasajeros, alineado con las mejores prácticas internacionales y las expectativas de los usuarios finales” (p.45).

**Formulación del Problema**

¿Será posible optimizar y repotenciar el sistema hidráulico del automotor de carga pesada (“Hino”), utilizado por la EPMT PQ, para mejorar la efectividad, maximizando, fiabilidad de la asistencia de carga de usuarios del automotor?

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Mejorar el automotor (“Hino”), modificando el acoplamiento de potencia y sus dispositivos de regulación hidráulica, utilizado por la EPMT PQ, mejorando la operatividad y maximizando la confianza en el transporte de carga pesada, mediante la implementación de técnicas avanzadas de mantenimiento y mejora continua

### **Objetivos Específicos**

- Investigar y evaluar el estado actual del acople del acoplamiento de potencia y de los dispositivos de regulación hidráulica, determinando carencias y áreas de mejora mediante análisis detallados y pruebas rigurosas.
- Aplicar ajustes y mejoras específicas en el sistema hidráulico del camión, utilizando tecnologías avanzadas y metodologías eficientes para incrementar su eficiencia energética, capacidad de respuesta y durabilidad.
- Considerar el mejoramiento de los dispositivos hidráulicos instalados en rendimiento operativo del camión y en la sostenibilidad económica de la EPMT PQ, mediante indicadores de desempeño y análisis comparativos antes y después de la optimización del sistema hidráulico.
- Implementar los ajustes y mejoras seleccionados en el sistema hidráulico del camión Hino modelo XZU413LHKMQD3, asegurando una integración efectiva y eficiente de las tecnologías avanzadas propuestas, con el objetivo de optimizar su funcionamiento.

## **Justificación**

El estudio de la optimización del acoplamiento de potencia y dispositivos reguladores hidráulicos en los automotores Hino es crucial debido a la complejidad y vitalidad de estos sistemas en el contexto actual de la industria automotriz (Palomares Chust, 2023). Los desafíos técnicos inherentes, como la necesidad de mejorar la eficiencia energética y reducir el consumo de combustible, subrayan la importancia de implementar soluciones que no solo maximicen el rendimiento del vehículo, sino que también prolonguen la vida útil de los componentes hidráulicos (Arrègle, 2024). Esto no solo contribuirá a la sostenibilidad ambiental al reducir las emisiones contaminantes, sino que también tendrá un impacto económico significativo al disminuir los costos operativos y de mantenimiento para los propietarios de flotas y operadores de transporte (Pla Moreno, 2019).

La investigación propuesta tiene el potencial de avanzar en el conocimiento técnico y práctico dentro del campo de la ingeniería automotriz, ofreciendo nuevas perspectivas sobre cómo los ajustes precisos en los dispositivos reguladores hidráulicos pueden optimizar la potencia entregada por el motor y mejorar la respuesta del vehículo en diversas condiciones de carga y operación (Martín-López et al., 2023). Además, la colaboración con la EPTPQ permite alinear estos objetivos con las metas educativas e investigativas de la institución, proporcionando un entorno ideal para la aplicación práctica de estos conceptos en la formación de profesionales competentes y en la generación de conocimiento aplicable al sector automotriz.



### **Antecedentes**

Según (Palomares Chust, 2023), “la optimización de sistemas hidráulicos en vehículos comerciales es crucial para mejorar la eficiencia operativa y reducir costos de mantenimiento” (p. 12).

Como lo hace notar (Arrègle, 2024) “los avances tecnológicos en sistemas hidráulicos han demostrado ser fundamentales para maximizar la eficiencia energética y la durabilidad de los vehículos de transporte público” (p. 23). Además, “la implementación de estrategias de mantenimiento predictivo ha mostrado resultados positivos en la reducción de tiempos de inactividad y en la prolongación de la vida útil de los equipos” (Black, 2018).

La literatura también destaca en el mejoramiento del transporte pesado para garantizar estándares óptimos de servicio y sostenibilidad económica (Pla Moreno, 2019). En este sentido, (Ramírez, 2023) “subraya la necesidad de adaptar tecnologías avanzadas a las condiciones operativas específicas de cada vehículo y de proporcionar capacitación adecuada al personal técnico para asegurar la efectividad de las mejoras implementadas” (p. 43).

Desde el punto de vista de (Correas Jiménez, 2024) “la EPMTPQ y su camión Hino modelo XZU413LHKMQD3, es crucial desarrollar estrategias personalizadas que no solo optimicen el sistema hidráulico, sino que también consideren los aspectos económicos y operativos inherentes al transporte público urbano” (p. 32), La investigación previa de (Arrègle, 2024) “ha identificado que la implementación eficaz de mejoras en sistemas hidráulicos puede conducir a una mejora significativa en la fiabilidad del servicio de transporte, beneficiando tanto a la empresa como a los usuarios finales” (p. 32).

## **Marco Teórico**

### **Conceptos Iniciales**

#### ***Potenciación Adicional***

Desde la posición de (Chandi, 2018), “en mecánica automotriz, la repotenciación se refiere al proceso de actualizar o mejorar significativamente el rendimiento y la potencia de un vehículo mediante modificaciones o ajustes en sus componentes mecánicos, eléctricos o electrónicos”, Dicho con palabras de (Ramos, 2019), la repotenciación incrementa la eficiencia operativa y adapta a estándares actuales de rendimiento y consumo de combustible.

#### ***Ascensor industrial***

Según (Smith, 2023), “un elevador de carga pesada es un equipo diseñado para elevar y transportar objetos de gran peso de manera segura y eficiente, utilizando sistemas hidráulicos o electromecánicos para facilitar su movimiento vertical dentro de instalaciones industriales o comerciales”. (p. 12)

#### ***Equipo de levantamiento mecánico***

Teniendo en cuenta a (Johnson, 2023) define “un sistema mecánico de elevación como un conjunto especializado de elementos y mecanismos planificados para levantar cargas de forma segura y precisa”. Como plantea (Navarro, 2019), los principios de ingeniería como poleas, cables y sistemas hidráulicos o electromecánicos para optimizar las operaciones de manipulación de carga en entornos industriales y comerciales variados. (p. 34)

#### ***Híbridos Electro-mecánico***

Según García (2023), los sistemas electromecánicos son dispositivos complejos que integran componentes eléctricos y mecánicos para realizar funciones específicas, como la generación de movimiento o la transformación de energía, empleados extensamente en

aplicaciones industriales y tecnológicas para automatizar procesos y mejorar la eficiencia operativa.

### ***Equipos hidráulicos***

Según Martínez (2023), los sistemas hidráulicos son conjuntos de componentes y dispositivos diseñados para transmitir energía mediante fluidos presurizados, utilizados en maquinaria pesada y equipos industriales para realizar operaciones de elevación, movimiento y control de manera eficiente y precisa.

### **Normas de la Hidráulica**

#### ***Energía Hidráulica***

Según. (Ramos Flores, 2019), la fuerza hidráulica pertenece al desempeño de un sistema hidráulico, generando y transmitiendo fuerza utilizando fluidos presurizados, aprovechada en aplicaciones industriales y mecánicas para realizar trabajos de elevación, manipulación y control con alta precisión y eficiencia, aplicando la siguiente formula.

$$F = P \times S$$

Donde:

F= Carga (N)

P= Presión (P)

S= Área (m<sup>2</sup>)

#### ***Caudal Hidráulico***

Según (García, 2023), el caudal hidráulico es el líquido que se dirige en un sistema hidráulico por un lapso de tiempo determinante para la eficiencia operativa de equipos industriales y maquinaria pesada.

Según (Ramos Flores, 2019), en el contexto de sistemas hidráulicos, el caudal hidráulico se entiende como el creciente volumétrico del líquido a través de un sistema, medida en litros por minuto (L/min) o galones por minuto (GPM), fundamental para el rendimiento y la capacidad de trabajo de dispositivos como cilindros y motores hidráulicos, de tal forma que se calcula aplicando la siguiente fórmula.

$$Q = AxV$$

Donde:

Q= Caudal (l/min)

A= Área (cm<sup>2</sup>)

V= Velocidad (m/s)

### ***Pérdida de Carga en Hidráulica***

Tomando en cuenta la investigación de (García, 2023) “la caída de presión, también conocida como pérdida de carga, es un fenómeno crucial en la hidráulica que se refiere a la reducción de presión que experimenta un fluido a medida que se desplaza a través de un sistema de tuberías”. Este fenómeno es esencial en el rediseño del casquillaje, influyendo directamente en el rendimiento del líquido transportado (Palomares Chust, 2023). La pérdida de carga se debe principalmente a diferente aspecto como las resistencias: las pérdidas por fricción y por elementos singulares. Las pérdidas por fricción ocurren debido a que el líquido circula por las paredes de las tuberías y las paredes de la tubería, así como a la viscosidad del propio fluido. Estas pérdidas son proporcionales a la longitud de la tubería y dependen del tipo de flujo, que puede ser laminar o turbulento. (Paucar Gualotuña, 2018)

La caída de presión se determina la pérdida de carga mediante la expresión algebraica.

$$Ap = \frac{4,15 * VK * L * Y * Q}{d^4}$$

Donde:

$A_p$ = Caída de presión (bar)

$d$ = diámetro de la tubería (cm)

$L$ = longitud de la tubería (m)

$Y$ = peso específico del aceite (1)

$Q$ = caudal (l/min)

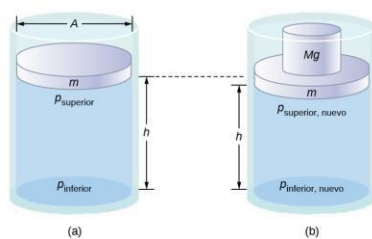
## Teoremas Básicos

### *Ley de Pascal*

Tomando en cuenta a (Rubio Anaya, 2019) la Ley de Pascal, si se aplica una fuerza a un punto de un fluido confinado, esa fuerza se transmite de manera uniforme a través de todo el fluido, ejerciendo la misma presión en todas las direcciones y en todos los puntos del mismo. Según. (Muñoz, 2020) Esta propiedad de los fluidos es fundamental para el funcionamiento de dispositivos hidráulicos como gatos hidráulicos, prensas hidráulicas y sistemas de frenos de automóviles.

### Figura 1

#### *Presiones en el interior de un cilindro*



*Nota.* Esta figura representa a las presiones internas y superiores en un recipiente. Reproducido de Ley Pasca y la electrohidráulica, por R. Flores et al., 2023.

(<https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/14-3-principio-de-pascal-y-la-hidraulica>)

Este teorema es aplicado para los líquidos que no pueden ser comprimidos, distribuidos uniformemente y sin pérdidas a través del fluido. Esto significa que cuando la presión que se ejerce en un punto del fluido es transmitida a doquier igualmente dentro del mismo, tal como lo determinó Pascal en sus estudios sobre hidrostática y mecánica de fluidos. Esta uniformidad de la presión es fundamental para diversas aplicaciones prácticas en ingeniería. Por ejemplo, permite el desarrollo de sistemas hidráulicos y el diseño de dispositivos que aprovechan esta propiedad para multiplicar fuerzas mediante el uso de pistones y cilindros. A continuación, se presenta el modelo matemático que describe este principio. respectivo (Ochoa Zambrano & Vinicio, 2013)

$$P1 = \frac{C1}{S1}$$

Donde:

P1= Presión (pa)

C1= Carfa (N)

S1= Área (m<sup>2</sup>)

De acuerdo con el principio de Pascal, cualquier presión aplicada a un fluido confinado se transmite de manera uniforme a través de todo el fluido, sin disminución. Esto significa que la presión ejercida en un punto del fluido se siente de manera igual en todas las paredes del recipiente que lo contiene, por ejemplo, si se aplica una presión p1 en un pistón de un sistema hidráulico, esa misma presión p1 se transmitirá sin pérdidas al otro pistón del sistema, es decir, p1 = p2, donde p2 es la presión que se siente en el segundo pistón, dado que

$$P2 = \frac{C2}{S2}$$

Donde:

P2= Presión (pa)

$F_2$ = Fuerza 2 aplicada (N)

$A_2$ = Sección transversal 2 ( $m^2$ )

Tomando en cuenta que la presión 1 es igual a la presión 2 según la ley de Pascal, se obtiene el siguiente modelo matemático

$$\frac{C_1}{S_1} = \frac{C_2}{S_2}$$

Donde:

$C_1$ = Carga 1 aplicada (N)

$C_2$ = Carga 2 aplicada (N)

$S_1$ = Área 1 ( $m^2$ )

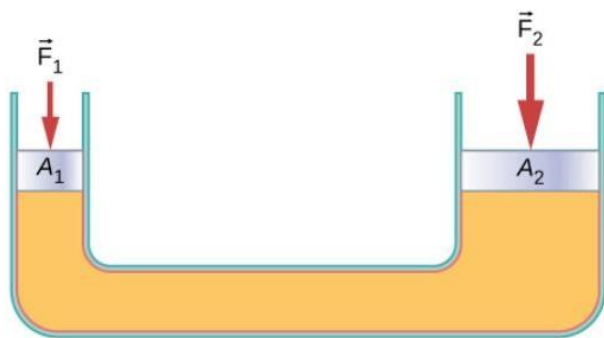
$S_2$ = Área 2 ( $m^2$ )

La ecuación de Pascal describe la relación entre la fuerza aplicada y el área en sistemas hidráulicos, donde la presión se transmite uniformemente a través del fluido confinado. Esta ecuación establece que la fuerza aplicada en un punto del sistema es directamente proporcional al área sobre la que actúa, y que la presión resultante se transmite de manera igual a través de todo el fluido. Matemáticamente, (Alvarado-Rodríguez & Gómez-Masa, 2020), la ecuación de Pascal se expresa como

En un gato hidráulico, se aplica una fuerza relativamente pequeña a un pistón de área reducida. Según el principio de Pascal, esta fuerza se transmite de manera uniforme a través del fluido confinado (generalmente aceite) dentro del dispositivo. El fluido, a su vez, ejerce la misma presión en todas las direcciones, incluyendo sobre un pistón de mayor área. Esto permite que la fuerza aplicada inicialmente se multiplique, generando una fuerza de elevación mucho mayor en el pistón de mayor superficie. (Jara, 2023)

## Figura 2

### Ejemplificación del teorema de pascal



(a)



(b)

*Nota.* Esta gráfica pertenece a un ejemplo del postulado de pascal. Reproducido principio de Postulados de Pascal, por Sisa Zurita, 2023.

(<https://openstax.org/books/f%C3%ADsica-universitaria-volumen-1/pages/14-3-principio-de-pascal-y-la-hidraulica>)

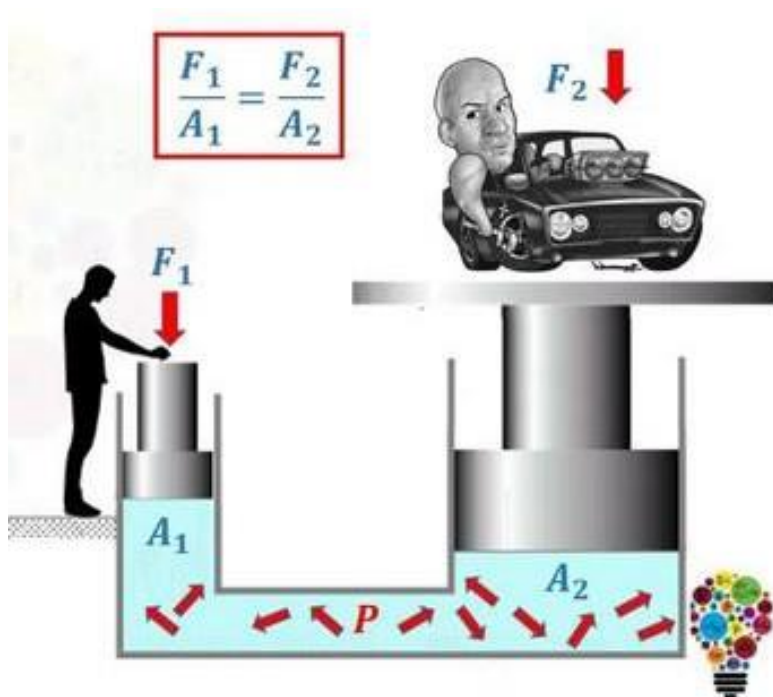
### Estudios del Teorema de Pascal: Prensa Hidráulica

Según (Ochoa Zambrano & Vinicio, 2013), una de las aplicaciones más destacadas del Principio de Pascal es la prensa hidráulica, un dispositivo utilizado para ejercer grandes fuerzas de compresión o aplastamiento sobre objetos o materiales. La prensa hidráulica aprovecha la capacidad de los fluidos de transmitir presión de manera uniforme en todas las direcciones, tal como lo establece la Ley de Pascal. Teniendo en cuenta a (Smith, 2020), en este dispositivo, se aplica una fuerza relativamente pequeña a un pistón de área reducida, lo que genera una alta presión en el fluido confinado. Esa presión se transmite de manera íntegra al pistón de mayor área, multiplicando significativamente la fuerza de salida. Esto permite que una persona pueda ejercer una fuerza enorme sobre un objeto, como aplastar latas, prensar materiales o incluso compactar automóviles. (p. 23)



### Figura 3

*Aplicación del teorema de Pascal en el elevador hidráulico*



*Nota.* Esta gráfica incluye las cargas aplicadas a lo largo de la trayectoria del líquido.

Reproducido de Aplicaciones de teoremas de pascal, por, C. Jiménez, 2024.

(<https://lasmatesfaciles.com/2020/04/22/principio-de-pascal-explicacion/>)

La particularidad de este sistema radica en que las áreas transversales de los dos recipientes difieren, siendo una considerablemente menor que la otra. Esto permite que, al ejercer una fuerza sobre el fluido en el recipiente de menor área, se produzca una fuerza mucho mayor en el recipiente de mayor área, amplificando así la potencia aplicada (Ochoa Zambrano & Vinicio, 2013)

- Los sistemas de frenos hidráulicos en vehículos, aviones y equipos industriales utilizan el Principio de Pascal para aplicar fuerza a las pastillas de freno. Al presionar

el pedal, se genera presión sobre un líquido que se transmite a través del sistema, deteniendo el vehículo.

- De igual manera, los gatos hidráulicos emplean la presión generada por una fuerza relativamente pequeña para levantar objetos pesados, siendo esenciales en la industria automotriz, talleres mecánicos y construcción.
- Otros ejemplos incluyen la dirección asistida en vehículos, que utiliza sistemas hidráulicos basados en el Principio de Pascal para facilitar el giro del volante, y los sistemas de inyección de combustible en motores de combustión interna, que lo usan para pulverizar y mezclar el combustible.

### **Accesorios Hidráulicos**

Según (Rivera Flores et al., 2023), “los elementos hidráulicos comprenden una variedad de dispositivos y componentes diseñados para controlar y utilizar la presión de fluidos incompresibles en aplicaciones industriales y automotrices” (p. 23). Tomando en cuenta la investigación de (Sisa Zurita, 2023), “estos elementos incluyen válvulas de control para regular el flujo y la dirección del fluido, cilindros que convierten la presión hidráulica en movimiento lineal para levantar o mover cargas, y bombas que generan la presión necesaria para impulsar el sistema. estos componentes trabajan en conjunto para aprovechar las propiedades de los fluidos incompresibles y transmitir la fuerza aplicada a través del sistema, posibilitando la ejecución de diversas tareas y aplicaciones industriales” (p. 24). A continuación, se menciona que algunos de los componentes hidráulicos más comunes incluyen:

### ***Dispositivo de Bombeo Hidráulico***

Como afirma (Rivera Flores et al., 2023), “una bomba hidráulica es un componente crucial en sistemas que utilizan fluidos incompresibles para generar energía mecánica” (p. 65). Empleando las palabras de (Sisa Zurita, 2023) este componente “funciona mediante la transferencia de energía desde un motor a través del fluido, creando presión que impulsa el movimiento del fluido a través del sistema” (p. 21). Estas bombas pueden ser de diversos tipos, como las de engranajes, paletas o pistones.

### **Figura 4**

*Sistemas de bombeo hidráulico para vehículos de carga*



*Nota.* Esta gráfica se refiere al sistema de bombeo hidráulico de vehículo de carga, Reproducido de sistema de bombeo hidráulico, por, Valencia, 2023.

(<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/2662>)

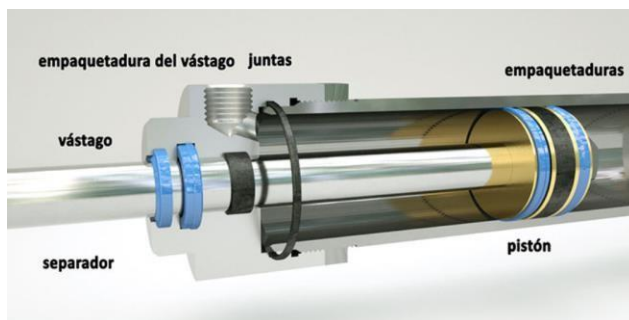
### ***Actuadores Hidráulicos***

“Los cilindros hidráulicos son dispositivos mecánicos utilizados en sistemas hidráulicos para convertir la presión del fluido en movimiento lineal” (Ramos Flores, 2019). Los cilindros hidráulicos se encuentran en una amplia gama de aplicaciones industriales y automotrices, desde maquinaria pesada y equipos de construcción hasta sistemas de dirección asistida y elevación de

plataformas. “Su diseño varía según la capacidad de carga requerida, el recorrido del pistón y las condiciones ambientales en las que operan, asegurando eficiencia y durabilidad en operaciones continuas y demandantes”. (Sisa Zurita, 2023)

## Figura 5

### *Actuador hidráulico*



*Nota.* Esta gráfica refiere a los actuadores hidráulicos, Reproducido de Hidráulica, por S. Zurita, 202). (<https://www.emerson.com/es-mx/automation/actuador/hydraulicactuators>).

Según (Ramos Flores, 2019), “existen varios tipos de cilindros hidráulicos diseñados para adaptarse a diferentes necesidades y aplicaciones industriales. Los cilindros de simple efecto son los más comunes, utilizados para aplicaciones donde solo se necesita fuerza en un sentido, como en la mayoría de los gatos hidráulicos” (pp. 23-34). Por otro lado, (Paucar Gualotuña, 2018) menciona que los cilindros de doble efecto son capaces de generar fuerza tanto al extenderse como al retraerse, lo que los hace ideales para aplicaciones donde se requiere movimiento en ambas direcciones, como en máquinas de moldeo por inyección o en prensas hidráulicas” (p. 23).

Desde la posición de (Muñoz, 2020), “ cada tipo de cilindro hidráulico está diseñado con características específicas para maximizar la eficiencia y la capacidad de carga en su aplicación correspondiente, asegurando un rendimiento óptimo y duradero en entornos industriales exigentes”. (p. 34)

### ***Dispositivo de Regulación Hidráulica***

“Los dispositivos de regulación hidráulicas son dispositivos esenciales en sistemas que utilizan fluidos incompresibles para controlar el flujo, la presión y la dirección del fluido. Estas válvulas regulan el movimiento del fluido al abrir, cerrar o desviar el paso del mismo según las necesidades del sistema” (Pauca Gualotuña, 2018).

### **Figura 6**

#### *Dispositivo de regulación hidráulico*



*Nota.* Esta gráfica se refiere a un dispositivo de regulación hidráulica, Reproducido Reguladores Hidráulicos, por M, Schonaudle, 2022. (<https://www.iagua.es/respuestas/que-es-valvula-hidraulica-y-cuantos-tipos-hay>)

### ***Acoplamiento de Potencia***

El acoplamiento de potencia o como lo conoce (Correas Jiménez, 2024) “toma de fuerza” se refiere a un mecanismo en vehículos y maquinaria que permite transferir energía mecánica desde el motor a otros dispositivos o equipos, como bombas hidráulicas, generadores o herramientas agrícolas. Según la investigación de (Martín-López et al., 2023) “Esta energía se transmite a través de un eje conectado al motor, permitiendo que los dispositivos accionados por la toma de fuerza funcionen de manera independiente mientras el vehículo está en movimiento o estacionado” (P. 23).

## Tipos de Acoples de Potencia

### *Acoples de Potencia de Engrane Único*

Como expresa (Muñoz, 2020), la toma de fuerza de engrane único “es un componente crucial en muchos vehículos y maquinarias, diseñado para transferir energía mecánica desde el motor a otros dispositivos, como bombas hidráulicas o equipos agrícolas” (p. 23), su funcionalidad y diseño dependen del tipo de aplicación y del sistema de transmisión al que está conectado.

### **Figura 7**

#### *Acoples de potencia de engrane único*



*Nota.* Esta imagen pertenece a los acoples de potencia de piñón único, Reproducido de Chaudhry MX, por, Y. Inca, 2023. (<https://wptpower.com/es/producto/toma-de-fuerza-tipo-2/>).

### *Acoplamiento de Potencia de Engranajes Múltiples*

“El acoplamiento de potencia de engrane múltiples es un componente clave en vehículos y maquinaria industrial, diseñado para transmitir energía mecánica desde el motor principal a varios accesorios o implementos” (Muñoz, 2020). Su diseño avanzado y configuración de múltiples engranajes permiten una transferencia de torque eficiente y adaptada a diferentes necesidades de operación.

## Figura 8

### *Acoplamiento de potencia de engrane múltiples*



*Nota.* Esta gráfica se refiere al acoplamiento de potencia de la serie SSV y SSH2, Reproducido de catálogo de acoplamientos de potencia, por, L. Ecaudel, 2023.

(<https://agvibo.com/product/toma-de-fuerza-tg8-8-pernos/>).

### ***Acoplamiento de Potencia Reversibles***

Como lo hace notar (Muñoz, 2020), “los acoplamientos de potencia son dispositivos esenciales en maquinaria y vehículos que permiten invertir el sentido de rotación de la energía mecánica transmitida desde el motor hacia los accesorios o implementos” (p. 56). Esta capacidad de reversibilidad amplía la versatilidad de las aplicaciones industriales y comerciales, permitiendo operaciones bidireccionales eficientes.

**Figura 9***Acoplamiento de potencia reversibles***Serie SH**

*Nota.* Esta gráfica se refiere al acople de potencia de la serie SH, Reproducido de catálogo de acoplamiento de potencia universal, por, G. Bonilla, 2023.

(<https://ph.parker.com/us/es/series/power-take-offs>).

***Acoplamiento de Potencia de más de 2 Pernos***

Según (Muñoz, 2020) la toma de fuerza de 8 pernos es un dispositivo fundamental en sectores industriales y agrícolas, diseñado para proporcionar una conexión robusta y segura entre el motor principal y los implementos accionados. Según (Muñoz, 2020), Estos acoplamiento de potencias, se acoplan directo en bombas hidráulicas, además de poder ser accionadas por aire (pp. 23-34)



## Figura 10

*Acoplamiento de potencia de más de 2 penos*



*Nota.* Esta imagen pertenece al acoplamiento de potencia la serie SH, Reproducido Motores Scudell Diesel, por, M. Ruiz, 2023. (<https://www.hynesur.com/blog/taller/tomas-de-fuerza-que-son-y-como-montarlas/>).

### ***Acoplamiento de Potencia por Cambio de Embregue***

Como plantea (Rubio Anaya, 2019) “la toma de fuerza por cambio de embrague es un dispositivo especializado utilizado en maquinaria y vehículos para regular la transmisión de energía mecánica desde el motor hacia equipos adicionales. Este sistema incorpora un embrague específico que permite activar o desactivar la conexión según las necesidades operativas, siendo especialmente útil en aplicaciones que requieren control preciso sobre la transferencia de potencia, como en vehículos agrícolas e industriales. Empleando las palabras de (Paucar Gualotuña, 2018) “Facilita la operación de bombas hidráulicas, mezcladoras y generadores, mejorando la eficiencia global del sistema” (P. 32).

**Figura 11**

*Acoplamiento de potencia por cambio de embrague*



*Nota.* Esta gráfica explica el acoplamiento de potencia del tipo TG y FR6Q, Reproducido de Ceas Diesel, por, B. Logan, 2023. (<https://www.hynesur.com/blog/taller/tomas-de-fuerza-que-son-y-como-montarlas/>).

### Metodología y Desarrollo del Proyecto

Este trabajo empleará tanto enfoques cualitativos como cuantitativos. El enfoque cualitativo permita comprender los fluidos del automotor. Esto implica identificar fallas en el sistema, además de recopilar sugerencias de expertos en el campo, Además, el enfoque cuantitativo se basará en el chequeo de valores de rendimiento. Esto incluirá la comparación de diversas opciones para optimizar y mejorar el sistema, así como la evaluación del impacto de estas mejoras en la eficiencia de operación del automotor.

**Tabla 1**

*Control del flujo del dispositivo de bombeo bajo presiones diferentes*

<b>Presión (bar)</b>	<b>Caudal (cm<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Valor del fabricante</b>
50	42,98	
<b>100</b>	38,25	3000 psi (206.85 bares) 43 cm <sup>3</sup> /min
<b>150</b>	25,45	
<b>200</b>	18,86	

Estos valores se contrastaron con los datos del fabricante para verificar la operatividad del dispositivo de bombeo según el fabricante, tal como se muestra en imagen 12.

**Figura 12**

*Análisis de la cabida del dispositivo de bombeo*



Posteriormente de valorar el dispositivo de bombeo, se observó que el automotor estuviera apagado y desenergizado, además, se utilizaron herramientas especializadas para proceder con el desmontaje cuidadoso del acoplamiento de potencia y el dispositivo de bombeo, asegurándose de no causar daños a ninguna parte del sistema, como se muestra en la imagen 13.

**Figura 13**

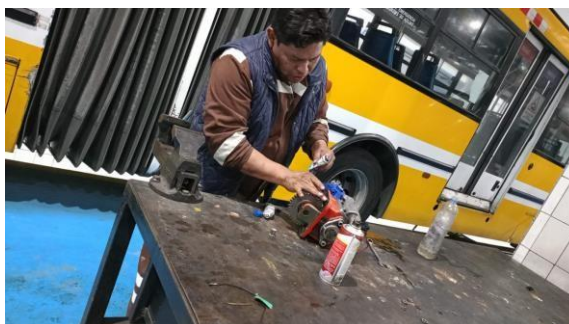
*Retiro del acoplamiento de potencia y del dispositivo de bombeo del automotor*



Posteriormente, se procedió con la subsistencia adecuada del acoplamiento de potencia del automotor, con el objetivo de garantizar un óptimo funcionamiento del sistema. Durante este procedimiento, se llevó a cabo una inspección visual detallada el acoplamiento de potencia para detectar cualquier indicio de desgaste, como posibles fugas de aceite, ruidos inusuales u otras anomalías, tal como se muestra en la imagen 14.

### Figura 14

*Observación del acoplamiento de potencia del automotor*



En la tabla 2 Se llevó a cabo una revisión visual para evaluar el estado de las conexiones, detectar posibles fugas, verificar el estado de los componentes mecánicos y evaluar los niveles de desgaste.

### Tabla 2

*Observación del acoplamiento de potencia*

<b>Aspecto de Inspección</b>	<b>Descripción</b>
Estado de las conexiones	Verificación que las conexiones estén firmes y sin signos de desgaste o daño.
<b>Presencia de fugas de aceite</b>	Inspección si hay fugas de aceite en las conexiones de la toma de fuerza.
<b>Estado de los componentes mecánicos</b>	Revisión visual del estado de los componentes mecánicos, como piñones de la toma de fuerza Inspección del juego mínimo y máximo entre engranes (0,002 inch-0,004 inch)
<b>Niveles de desgaste</b>	Observación de desgaste excesivo en las piezas de la toma de fuerza.

Para mejorar el sistema hidráulico, fue crucial determinar las especificaciones técnicas del acople de potencia. Esta se caracteriza por su capacidad de generar hasta 23 KGM o 166 LBS-FT de par, los cuales entrega 24 kW o 32 CV, detalladas en la tabla 15, porque se sumaron la importancia para orientar las decisiones durante la mejora del sistema.

### Figura 15

*Análisis de valores referenciales del acoplamiento de potencia*



A continuación, se consideraron datos de importancia que se lograron observar en el mejoramiento del sistema.

### Tabla 3

*Valores referenciales del acople de potencia*

<b>Característica</b>	<b>Valor</b>
<b>Esfuerzo de Torsión (Máximo)</b>	23 KGM / 166 LBS-FT
<b>Potencia (Máxima)</b>	24 kW / 32 CV
<b>Ratios Internos Disponibles</b>	1 a 0.16
<b>Velocidad de Rotación</b>	2000 RPM

Se llevó a cabo una minuciosa inspección de la válvula distribuidora de dos posiciones logrando determinar que está en óptimas condiciones de operación, como se observa en la figura

16.



**Figura 16**

*Observatorio del dispositivo regulador*



Después, se evaluó el rendimiento del sistema de elevación, el cual está diseñado para manejar de manera segura y eficiente la elevación y descenso de equipos pesados. Este sistema consta de varios componentes hidráulicos, incluyendo un cilindro de accionamiento que se conecta al mecanismo de elevación. Este cilindro es responsable de generar presiones de 50 bares bajo una carga de 1000 kg, 150 bares bajo una carga de 4000 kg y 200 bares bajo una carga de 15000 kg. Estas mediciones se realizaron durante la operación del tren de elevación del camión, como se observa en la figura 17.

**Figura 17**

*Inspección del funcionamiento de los componentes de acople de potencias y dispositivos de regulación hidráulica*



Es importante considerar el casquillaje, activar, impulsa, levantar la carga de manera eficiente en diversos entornos de aplicación.













## Propuesta

Comenzando en la mejora del rendimiento, son de valor crucial el par-Max generado por la maquina térmica, ya que este sirve como punto inicial para seleccionar y calcular los componentes del sistema de fluidos.

**Figura 18**

*Valores referenciales del camión serie 300 XZU413LHKMQD3 o N04C-VM*

<b>HINO Serie 300</b>	<b>MODELO 514</b>	<b>MODELO 616</b>
 <b>Motor</b>	Modelo: Hino / N04C-VM Desplazamiento: 4.009 L Potencia: 134 hp @ 2,500 rpm Torque: 288 lb-pie @ 1,400 rpm	Modelo: Hino / N04C-US Desplazamiento: 4.009 L Potencia: 148 hp @ 2,500 rpm Torque: 310 lb-pie @ 1,400 rpm
Tipo: Diésel, 4 cilindros, 16 válvulas, turbocargado y postenfriado. Inyección por riel común. Norma de emisiones EURO V (Sistemas DOC + EGR + DPR).		
 <b>Peso Bruto Vehicular</b>	4,500 kg	5,500 kg
 <b>Capacidad de Ejes</b>	(Delantero) 2,300 kg (Trasero) 2,300 kg	(Delantero) 2,300 kg (Trasero) 4,360 kg
 <b>Embrague</b>	Disco sencillo, 300 mm de diámetro. Hidráulico (autoajustable).	Disco sencillo, 325 mm de diámetro. Hidráulico (autoajustable).
 <b>Freno de Servicio</b>	Hidráulico asistido por vacío, de doble circuito, disco en eje delantero y tambor autoajustable en eje trasero / Sistema ABS.	
 <b>Freno de Estacionamiento</b>	Mecánico detrás de la transmisión.	
 <b>Suspensión Delantera</b>	Muelles parabólicos con amortiguadores doble acción y barra estabilizadora.	Muelles semi elípticos reforzados con amortiguadores de doble acción y barra estabilizadora.
<b>Suspensión Trasera</b>	Muelles semi elípticos con amortiguadores de doble acción.	Muelles principales y auxiliares semi elípticos reforzados con amortiguadores de doble acción.
 <b>Neumáticos</b>	205/75R16 - 113/111 Neumático de refacción incluido.	
 <b>Transmisión</b>	HINO / RE50 / Mecánica manual de 5 velocidades. Relación: 5.342 - 0.712	
 <b>Seguridad y Confort</b>	SRS Air bag (en columna de dirección), certificación ECE29 para cabina, alarma de reversa, aire acondicionado, vidrios eléctricos, cierre centralizado de seguros.	

*Nota.* Esta imagen pertenece a los datos técnicos del Camión Hino. Reproducido de Ficha Técnica Camión HINO, por, López, 2019.

([https://es.scribd.com/doc/295232990/Ficha-Tecnica-Camion-HINO-300- N04C-VM](https://es.scribd.com/doc/295232990/Ficha-Tecnica-Camion-HINO-300-N04C-VM))

## Elección del Acoplamiento de Potencia

Al elegir la toma de fuerza, es fundamental considerar requisitos como el par de torsión (T) y la potencia en caballos de fuerza (HP) requeridos para la aplicación específica. Estos datos suelen estar disponibles en el manual del usuario del equipo o pueden obtenerse contactando al fabricante o distribuidor. Además, es posible aplicar fórmulas matemáticas para calcular estos requisitos, especialmente dado que esta unidad transmite potencia a una bomba hidráulica

### *Sistematización del Acoplamiento de Potencia*

Para la sistematización del acoplamiento de potencia, se utiliza la ecuación algebraica:

$$HP = \frac{GMP * P}{1714}$$

Donde:

Hp= Representa la potencia en caballos de fuerza, que es una medida de la cantidad de trabajo que puede realizar un sistema hidráulico en un período de tiempo determinado

GMP= Significa galones por minuto (GPM) y se refiere al flujo de líquido (generalmente aceite hidráulico) que pasa a través del sistema en un minuto. Es una medida de la cantidad de fluido que el sistema hidráulico puede manejar.

P= Representa libras por pulgada cuadrada (PSI) y se refiere a la presión del sistema hidráulico. Indica la fuerza ejercida sobre una superficie específica dentro del sistema.

K (1,714) = Es un factor de conversión utilizado para ajustar las unidades y obtener la potencia en caballos de fuerza como resultado final.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se determina la potencia en hp que el sistema produce.

$$HP = \frac{25 * 2000}{1714}$$

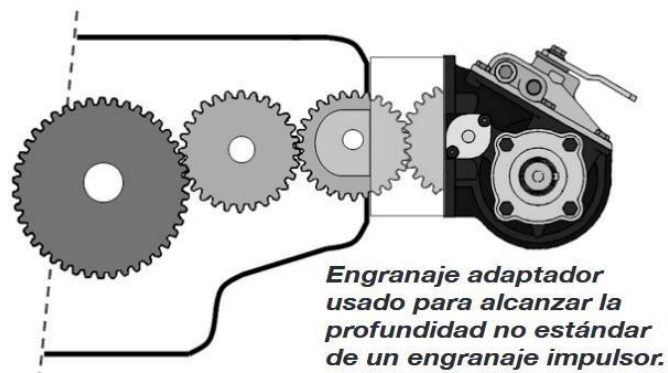
$$HP = \frac{50000}{1714}$$

$$HP = 29,17$$

Utilizando los datos previamente proporcionados, se obtuvo un valor de 29,17 CV, procediendo a recalcular utilizando los detalles técnicos del motor, lo que proporcionará valores de HP similares para facilitar la selección del mecanismo óptimo de acoplamiento de potencia. Es esencial tener presente rev/min y el par de salida generados por la maquina térmica, tal como se visualiza en la imagen 14.

### Figura 19

*Instalación del acople de potencia de un transmisor de par out*



*Nota.* Esta gráfica pertenece al impulsor de potencia engranado a la caja de cambios.

Reproducido Impulsor de potencia en EEUU, por, P. Cruz, 2022.

(<https://www.swissmex.com/PortalWeb/us/productos/principal-productos/nacional/tomas-de-fuerza/>)

De acuerdo con el estudio de (Ramírez, 2023), se genera un torque de 120 N-m a 1400 RPM. Con estos valores, se puede calcular la potencia (HP) usando la fórmula siguiente

$$HP = \frac{T * RPM}{5252}$$

Donde:

T= Torque del motor en Lb-Ft

RPM= Revoluciones del motor

$$HP = \frac{120 * 1400}{5252}$$

$$HP = \frac{168000}{5252}$$

$$HP = 31,98$$

Por lo tanto, utilizando los datos previamente mencionados, se obtuvo una potencia aproximada de 31,98 caballos de fuerza mediante el cálculo realizado.

### ***Determinación del Par Out del Acoplamiento de Potencia***

Por otra parte, el par out aprovechada al acoplamiento de potencia puede determinar utilizando la siguiente expresión algebraica

$$T = \frac{HP * 5252}{RPM}$$

Donde:

T= Torque de la toma de fuerza en N-m

Remplazando los valores obtenidos en la ecuación se obtiene el siguiente resultado:

$$T1 = \frac{29,17 * 5252}{1400}$$

$$T1 = 109,42 \text{ lb/ft}$$

$$T2 = \frac{31,98 * 5252}{1400}$$

$$T1 = 119,97 \text{ lb/ft}$$

En resumen, T1 y HP del primer conjunto de condiciones son mayores que T2 y HP del segundo conjunto, indicando que el primer conjunto produce más torque y potencia, posiblemente debido a variaciones en las condiciones de carga o configuración del acoplamiento de potencia.

### Figura 20

*Valores para la elección del acoplamiento de potencia en maquinaria pesada*

SERIE DE TOMA DE FUERZA	RELACIÓN DE VELOCIDAD	HP INTERMITENTE A 1,400 RPM	TORSIÓN INTERMITENTE LIBRAS/PIE	TORSIÓN CONTINUA LIBRAS/PIE	INTERMITENTE [KW] A 1,400 RPM	TORSIÓN INTERMITENTE [NM]	TORSIÓN CONTINUA [NM]
TG	04	54	285	200	[40]	[386]	[270]
	05	51	270	189	[38]	[366]	[256]
	06	47	245	172	[35]	[332]	[232]
	07	44	230	161	[33]	[312]	[218]
	08	32	180	166	[26]	[244]	[225]
	09	30	165	155	[25]	[235]	[205]
	12H	40	210	147	[30]	[284]	[199]
	13H	40	210	147	[30]	[284]	[199]
	15H	37	195	137	[28]	[264]	[185]
18H	33	175	123	[25]	[237]	[166]	

*Nota.* Medidas de la elección del acoplamiento de potencia.

Basado en los cálculos proporcionados, se elige un acoplamiento de potencia que ofrece 26 kW de potencia o 32 caballos de fuerza a 1400 RPM, a 166 libras-pie de par motor, como se observa en la imagen 21.

## Figura 21

### *Acoplamiento de potencia elegida*

Max. Esfuerzo de torsión		23 KGM / 166 LBS-FT
Max. Poder		24 kW / 32 CV
Ratios internos disponibles		1 / 0.6
Max. Velocidad		2000 RPM



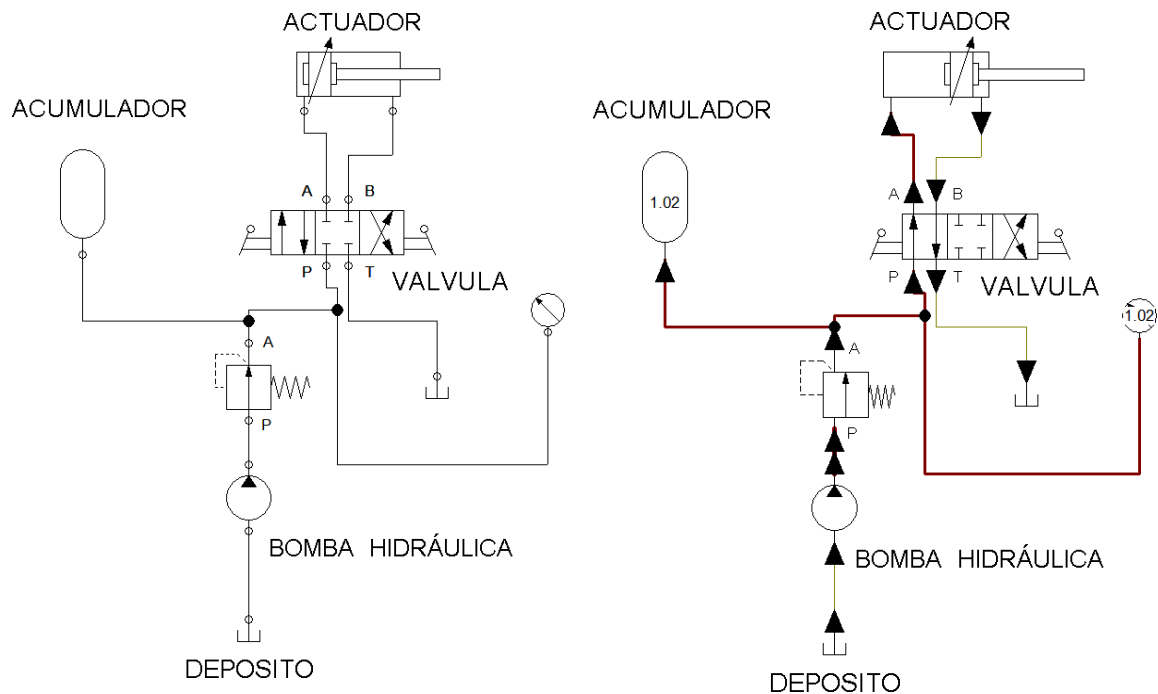
*Nota.* Esta figura se refiere al acoplamiento de potencia elegida. Reproducido de Diesel y Asociados, por, T. Rocha, 2019 (<https://bezares.com/es-mx/tomas-de-fuerza-1000-2000/>)

### ***Determinación y Elección del Dispositivo de Bombeo Fluídico***

Para determinar y elegir el dispositivo de bombeo apropiada, se modeló el desempeño del sistema hidráulico del automotor, en esta recreación esquemática se incluyeron componentes como un cilindro de doble acción, una válvula de dos vías, un manómetro y un condensador, tal como se muestra en la imagen 22.

## Figura 22

### Recreación esquemática

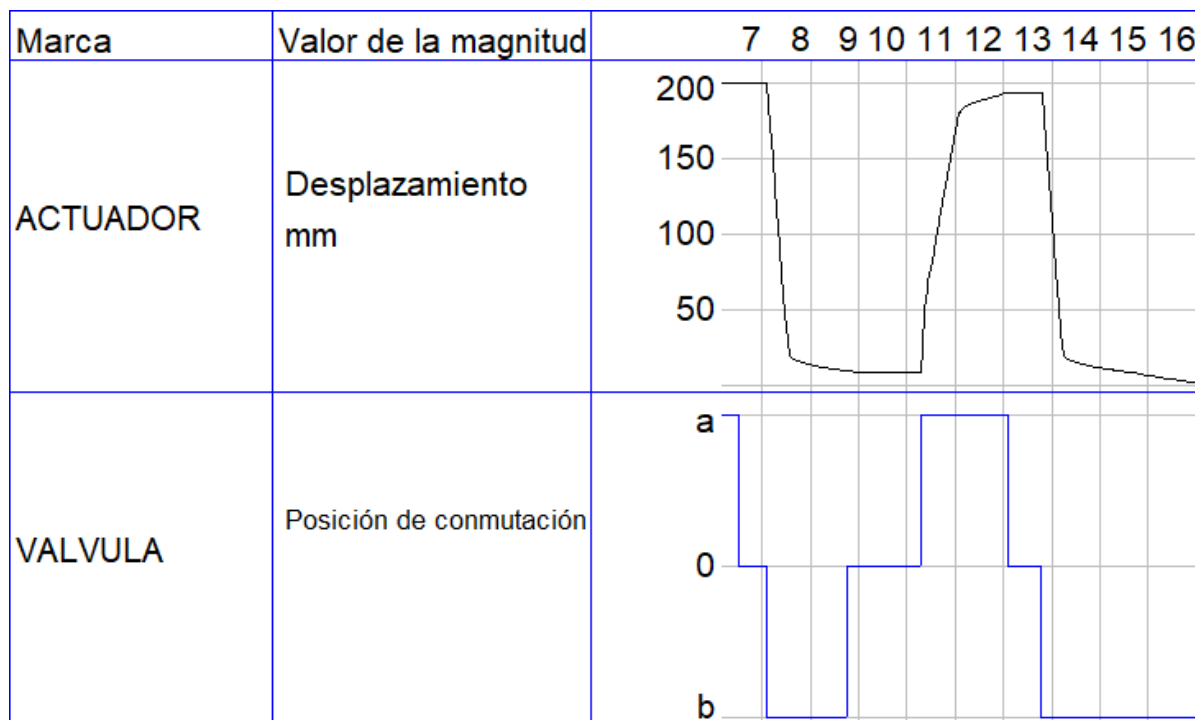


*Nota.* Esta imagen representa a la representación esquemática del circuito hidráulico del casquillate.

Es fundamental obtener tanto el gráfico de fase como el gráfico de desplazamiento, siendo importantes en la hidráulica para el entendimiento del fluido de los componentes y dispositivos de accionamiento hidráulicos. Esto facilita la selección adecuada del dispositivo de bombeo hidráulico, ayuda a identificar posibles anomalías y optimiza el funcionamiento de estos componentes en diversos estudios, incluyendo el Turn on del casquillo en el camión, ver imagen 23.

**Figura 23**

*Gráfico curvaturas del dispositivo de regulación hidráulica*



*Nota.* La figura muestra la curvatura del dispositivo de regulación hidráulico del sistema hidráulico de maquinaria pesada.

Se utilizará la siguiente expresión algebraica para la determinación la potencia requerida del dispositivo de bombeo hidráulico.

$$PB = \frac{Q * \rho * g * hB}{746 e}$$

Donde:

PB= Potencia de la bomba (HP)

$\rho$ = Densidad del aceite (Kg/m<sup>3</sup>)

G= Gravedad (9,8 m/s<sup>2</sup>)

hB= cabeza neta de la bomba (m)



e= Eficacia del dispositivo de bombeo (%)

Bernoulli recomienda el uso de la expresión algebraica para  $h_1$

$$h_1 + \frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\rho} + h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + \frac{P_3}{\rho} + h_f$$

$$h_B = h_3 + \frac{v_3^2}{2g} + h_f$$

$h_3 = \text{Nivel de deposito} + \text{nivel descarga}$

$$h_3 = 0,2 \text{ m} + 5 \text{ m}$$

$$h_3 = 5,02 \text{ m}$$

$$v_3 = \frac{4Q}{\pi * D^2}$$

$$v_3 = 43 \text{ cc/min} (4 * 7.1667e - 7 \text{ m}^3/\text{s})$$

$$v_3 = \frac{4 * 7.1667e - 7}{\pi * 0,127^2}$$

$$v_3 = \frac{4 * 7.1667e - 7}{\pi * 0,127^2}$$

$$v_3 = 0,54e - 4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Determinación del desgaste de energía en el conductor hidráulico, utilizando la expresión algebraica.

$$h_f = \frac{fL * v_3^2}{D2g}$$

Donde:

F= fricción

L= Longitud de la tubería (m)

V3= velocidad de descarga (m/s)

Al evaluar desgastes producto de roce en las uniones, codos de 45 y 90 grados, es fundamental considerar el coeficiente de roce por unión ( $K_c$ ). Se emplea la siguiente expresión algebraica con este fin.

$$hf = \frac{fL * v^3^2}{D2g} + \sum Kc \frac{v^3^2}{2g}$$

Reestructurando la ecuación aplicando artificios matemáticos queda de la siguiente forma

$$hf = \frac{v^3^2}{2g} * \left[ F \frac{L}{D} \sum + Kc \right]$$

Para calcular F, se utilizará la ecuación de Reynold y la ecuación de la rugosidad relativa

$$Re = \frac{VD\rho}{\mu}$$

$$Rugosidad\ relativa = \frac{\epsilon}{D}$$

Donde:

Re= Reynold

V= Velocidad de descarga (m/s)

$\rho$ = Densidad del aceite (g/cm<sup>3</sup>)

$\epsilon$ = rugosidad

$\mu$ = viscosidad cinemática del aceite a 100 grados centígrados

D= Diámetro de la cañería hidráulica (m)

El dato técnico de Colbrook es una herramienta clave en ingeniería hidráulica para calcular las pérdidas de carga por roce en tuberías, incorporándose en la ecuación de Darcy-Weisbach para estimar las pérdidas de presión del líquido. Es esencial utilizar la expresión algebraica para este cálculo.

$$F = \frac{1,325}{\left(-\ln \left[ \frac{f}{3,7D} + \frac{5,74}{Re^{0,9}} \right]\right)^2}$$

$$Re = \frac{0,54e - 4 \frac{m}{s} * 0,127 m * 90000 \frac{Kg}{m^3}}{0,0153 Pa * s}$$

$$Re = 37,35$$

Es importante considerar que un valor de  $Re > 4000$  indica flujo turbulento, mientras que si  $Re < 2000$ , el flujo es laminar. En este caso, el cálculo de  $Re$  resultó en 37,35, por lo que el valor de  $F$  se determina utilizando la siguiente ecuación.

$$F = \frac{64}{(Re)}$$

$$F = \frac{64}{(37,35)}$$

$$F = 2,04$$

El elemento de roce calculado se aplica a lo largo de la ruta del líquido ( $F$ ). Por consiguiente, es crucial encontrar el valor de la cifra ( $K$ ) del aditamento, utilizando la imagen que se muestra.

## Figura 24

Valores de coeficientes de aditamento K

Tabla H.13 Valores del coeficiente K de aditamentos.

Aditamento	K	Aditamento	K
Ampliación gradual (*)	0.3	Te paso directo	0.6
Boguilla	2.8	Te salida bilateral	1.8
<b>Codo de 45°</b>	<b>0.4</b>	Te salida lateral	1.3
Codo de 90°	0.9	Válvula de ángulo abierta	5.0
Codo de retorno	2.2	Válvula de cheque de bisagra	2.5
Entrada de borda	1.0	Válvula de compuerta abierta	0.2
Entrada normal tanque tubo	0.5	Válvula de compuerta abierta(1/2)	5.6
Medidor de agua, disco	7.0	Válvula de globo abierta	10.0
Medidor Vénturi (**)	2.5	Válvula de pie	1.8
Reducción gradual (*)	0.2		

(\*) Con base en la velocidad mayor. (\*\*) Con base en la velocidad mayor.

Fuente: Morris Henry M. Applied Hydraulics in Engineering. John Wiley and Sons. New York. 1992.

*Nota.* La imagen muestra los valores del coeficiente K de los complementos, extraída de la sección de pérdidas por fricción, por, J. Morrison, 2019. (<https://www.pirobloc.com/blog-es/calculo-perdidas-carga/>)

Se puede visualizar curvas de aproximadamente 45 grados. Para los cálculos, que se utilizará un coeficiente K de 0,4.

$$hf = \frac{\left(0,54e - 4 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,8 \frac{m}{s^2}} * \left[2,04 \frac{25 m}{0,0127m} \sum + (0,4 * 4)\right]$$

$$hf = 8,34e-7 m$$

Cálculo de la carga total de la bomba

$$hB = 5,02 m + \frac{\left(0,54e - 4 \frac{m}{s}\right)^2}{2 * 9,8 m/s^2} + 8,34e - 7 m$$

$$hB = 5,020 \text{ m}$$

Cálculo de la potencia de la bomba requerida

$$PB = \frac{7.1667e - 7 \text{ m/s} * 900 * 9,8 * 5,020 \text{ m}}{746 * 0,75}$$


$$PB = 0.124 \text{ HP}$$

Con base según al manual de dispositivo de bombeo, se eligió una bomba de engranajes de 61 cc, capaz de proporcionar 3000 psi y un caudal bidireccional de 65 ccsta selección se realizó porque el camión originalmente contaba con un CC/min de 43, ver imagen 25.


### Figura 25

*Opción propuesta del dispositivo de bombeo hidráulico mediante el manual técnico*

MRT/MRTE/MRTF
MRD/MRDE
MR/MRE



- Motor de desplazamiento doble (MRD, MRDE)
- Alto par de arranque: del 90% al 95% del teórico
- Alto control a muy baja velocidad
- Alta eficiencia volumétrica: hasta 98%
- Bajo ruido
- Resistencia a choques térmicos
- Reversibilidad
- Rodamientos de gran duración
- Sensores de velocidad, frenos...



zm 30

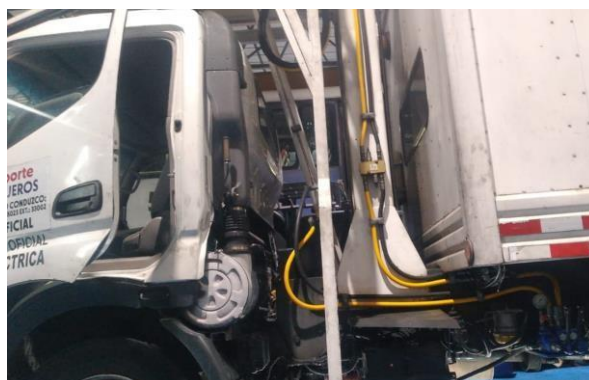
Tamaño bastidor MR	33	57	73	93	110	125	160	190	200	250	300	350	450	600	700	1100
<b>CAUDAL</b> (cm <sup>3</sup> /Min)	65	56	73	93	109	125	160	192	199	251	304	350	452	608	707	1126
Presión máx. cont. (PSI)	3000	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Veloc. máx. trabajo (rpm)	1400	800	1200	1150	1100	900	900	850	800	800	750	640	600	520	500	330
Máx. potencia (HP)	1/8	17	20	25	28	25	30	36	38	48	53	62	75	84	97	119

*Nota.* La imagen presentada corresponde a la especificación técnica del dispositivo de bombeo, por D. Acaro 2022. (<https://www.flickr.com/photos/dangos/4703659892>)

Seleccionado el dispositivo de bombeo y el acoplamiento de potencia, se instala y verifica el funcionamiento adecuado de los nuevos elementos, ver imagen 26.

## Figura 26

*Acople de los elementos elegidos*



Por último, se proporciona una tabla resumida que especifica los componentes escogidos en el proceso de optimización del sistema hidráulico del camión.

### Tabla 4

*Sinopsis técnica sobre las características de las partes elegidas para optimizar el sistema hidráulico del camión Hino*

<b>Datos técnicos de la selección de la toma de fuerza</b>			
<b>Relación de velocidad</b>	<b>Intermitente (KW) a 1400 Rpm</b>	<b>Torsión intermitente (Nm)</b>	<b>Torsión continua (Nm)</b>
8	26	224	225
<b>Datos técnicos de la selección de la bomba de engranes de acople directo</b>			
<b>Caudal (cm<sup>3</sup>/min)</b>	<b>Presión máxima (psi)</b>	<b>Velocidad máxima (Rpm)</b>	<b>Potencia máxima (HP)</b>
65	3000	1400	1/8
<b>Datos técnicos de la manguera hidráulica</b>			
<b>Diámetro Nominal (DN) (inch)</b>	<b>Diámetro Interior (inch)</b>	<b>Presión de Operación (bar)</b>	<b>Tipo de fluido</b>
1/2	0.26	200	Aceites hidráulicos

## Conclusiones

Esta modificación representa una mejora significativa en la eficiencia operativa y la fiabilidad del servicio de transporte de pasajeros. Mediante la implementación de tecnologías avanzadas y ajustes específicos, se ha demostrado una notable reducción en los tiempos de inactividad y un incremento en la respuesta operativa del vehículo.

La integración de prácticas de mantenimiento predictivo y la utilización de sistemas inteligentes han sido cruciales para asegurar un funcionamiento óptimo del sistema hidráulico. Estas estrategias no solo han mejorado la capacidad de respuesta del camión en condiciones variadas, sino que también han contribuido a la sostenibilidad económica de la Empresa Pública Transporte de Pasajeros Quito, al reducir costos operativos y aumentar la vida útil de los componentes críticos.

El éxito del proyecto resalta la importancia de una gestión proactiva y orientada a la innovación en el sector del transporte público. La implementación exitosa de mejoras en la hidráulica del camión no solo ha beneficiado directamente a la empresa y sus usuarios finales, sino que también establece un precedente para la adopción continua de tecnologías avanzadas en la mejora de la eficiencia operativa y la sostenibilidad ambiental en el transporte urbano.

### **Recomendaciones**

Implementar un programa continuo de monitoreo y mantenimiento preventivo del sistema hidráulico del camión Hino modelo XZU413LHKMQD3, utilizando tecnologías de diagnóstico avanzadas para detectar y abordar posibles problemas antes de que afecten el rendimiento operativo.

Establecer un plan de capacitación periódica para el personal técnico encargado del mantenimiento de los sistemas hidráulicos, asegurando que estén familiarizados con las últimas tecnologías y prácticas recomendadas para maximizar la eficiencia y durabilidad de los equipos.

Explorar oportunidades para la integración de energías renovables y sistemas de recuperación de energía en el diseño futuro de los sistemas hidráulicos del transporte público, con el objetivo de reducir aún más el consumo de combustibles fósiles y mitigar el impacto ambiental de las operaciones.



## Referencias

- Alvarado-Rodríguez, J. V., & Gómez-Masa, J. D. (2020). Evaluación del sistema de frenado hidráulico y neumático en vehículos industriales pesados y semi pesados. *Dominio de las Ciencias*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1151>
- Arrègle, J. (2024). *Análisis de la estructura y dinámica interna de chorros diesel* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat Politècnica de València]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=245754>
- Chandi Campos, H. R. (2018). *Construcción del eje-piñón de la toma fuerza, de la bomba de activación del gato hidráulico, de la caja compactadora de un camión recolector de basura Hino Serie 500* [bachelorThesis]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8353>
- Correas Jiménez, D. (2024). *Estudio teórico-experimental del chorro libre diesel isoterma* [Http://purl.org/dc/dcmitype/Text, Universitat Politècnica de València]. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=245740>
- Jara, U. (2023). *Propuesta de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la disponibilidad de la maquinaria pesada de la Municipalidad Distrital Aramango, Provincia Bagua – Amazonas*. <https://repositorio.upa.edu.pe/handle/20.500.12897/392>
- Martín-López, A., Jáuregui-Cárdenas, A., Orozco-Benítez, G., Macías-Mendoza, I., Ibarra-Gudiño, C., Peña-Parra, B., & Martínez-González, S. (2023). Cople de camioneta como toma de fuerza para equipos fijos agropecuarios. *Abanico Agroforestal*, 3(0), Article 0.
- Muñoz, M. (2020, diciembre 12). *Optimización de los procesos de ensamble de vehículos Hino en Mavesa*. <https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/5372>

Navarro, D. C. (2019). *Estudio de las emisiones de escape en motores de combustión interna alternativos utilizando diferentes sistemas de control de contaminantes*

[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat Politècnica de València].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=115812>

Ochoa Zambrano, R. M., & Vinicio, L. V. D. (2013). *Rediseño de los sistemas de volteo instalados en los volquetes del Gobierno Provincial Autónomo de El Oro.*

[bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].

<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2623>

Palomares Chust, A. A. (2023). *Análisis de imágenes de chorros diesel*

[[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat Politècnica de València].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=245239>

Paucar Gualotuña, A. G. (2018). *DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN NUEVO PERFIL METÁLICO QUE SE UTILIZARA COMO BASTIDOR AUXILIAR PARA LOS CAMIONES HINO DE HASTA SEIS TONELADA DE PESO UTILIZANDO EL MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS MEF.*

<http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/2794>

Pla Moreno, B. (2019). *Análisis del proceso de la recirculación de los gases de escape de baja presión en motores Diesel sobrealimentados.* [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text),

Universitat Politècnica de València].

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=79813>

Ramírez, J. C. D. (2023). *Estudio CFD de la resonancia en la cámara de combustión de Motores Diesel HDI* [[Http://purl.org/dc/dcmitype/Text](http://purl.org/dc/dcmitype/Text), Universitat Politècnica de València].

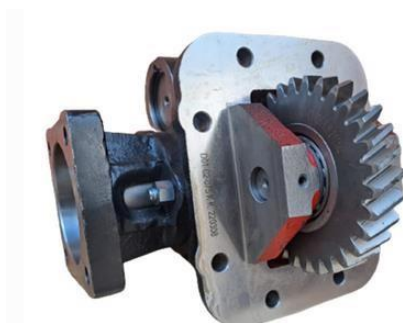
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=77438>

- Ramos Flores, D. L. (2019). *Diseño de una plataforma auto-cargable hasta 8.5 toneladas acoplada a un chasis camión HINO GD8JLSA*. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4492>
- Rivera Flores, C., Rivera Flores, K., & Tulio Mejía, M. (2023). *Análisis financiero comparativo entre la procedencia de camiones hino importados desde japon y colombia para masificar su comercialización en Ecuador* [bachelorThesis].  
<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7705>
- Rubio Anaya, D. E. (2019). *Disponibilidad de las grúas auto – propulsadas sobre camión con giro parcial en función del sistema hidráulico basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (MCC) de la Empresa Ingesa Norte*.  
<http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4334>
- Sisa Zurita, A. F. (2023). *Análisis técnico—Económico para la implementación de una pyme en ventas de sistemas hidráulicos para la ciudad de Nueva Loja*.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/24355>

## Anexos

### Anexo 1

#### Toma de fuerza



— Descripción	
Toma de fuerza de acople directo	
Montaje de 4 pernos ISO-UNI	
Accionamiento neumático	
INCLUYE KIT DE MONTAJE	
Max. Esfuerzo de torsión	23 KGM / 166 LBS-FT
Max. Poder	24 kW / 32 CV
Ratios internos disponibles	1 / 0.6
Max. Velocidad	2000 RPM

*Nota.* Esta imagen pertenece a la toma de fuerza seleccionada, Reproducido de catálogo de tomas de fuerza, por, Muñoz, 2020.

(<https://www.kozmaksan.net/toma-de-fuerza-als-18-3060-product-786>).

## Anexo 2

### Catálogo de bombas hidráulicas

MRT/MRTE/MRTF

MRD/MRDE

MR/MRE



- Motor de desplazamiento doble (MRD, MRDE)
- Alto par de arranque: del 90% al 95% del teórico
- Alto control a muy baja velocidad
- Alta eficiencia volumétrica: hasta 98%
- Bajo ruido
- Resistencia a choques térmicos
- Reversibilidad
- Rodamientos de gran duración
- Sensores de velocidad, frenos...



Tamaño bastidor MR	33	57	73	93	110	125	160	190	200	250	300	350	450	600	700	1100
CAUDAL (cm <sup>3</sup> /Min)	65	56	73	93	109	125	160	192	199	251	304	350	452	608	707	1126
Presión máx. cont. (PSI)	3000	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250
Veloc. máx. trabajo (rpm)	1400	1300	1200	1150	1100	900	900	850	800	800	750	640	600	520	500	330
Máx. potencia (HP)	1/8	17	20	25	28	25	30	36	38	48	53	62	75	84	97	119

Tamaño bastidor MR	1600	1800	2400	2800	3600	4500	6500	7000
Desplazamiento (cm <sup>3</sup> /rev)	1598	1810	2393	2792	3637	4503	6460	6967
Presión máx. cont. (bar)	250	250	250	250	250	250	250	250
Veloc. máx. trabajo (rpm)	260	250	220	215	180	170	130	130
Máx. potencia (kW)	144	153	183	194	185	210	240	250

Tamaño bastidor MRE	330	500	800	1400	2100	3100	5400	8200
Desplazamiento (cm <sup>3</sup> /rev)	332	498	804	1370	2091	3104	5401	8226
Presión máx. cont. (bar)	210	210	210	210	210	210	210	210
Veloc. máx. trabajo (rpm)	750	600	450	280	250	215	160	120
Máx. potencia (kW)	49	70	93	102	148	190	210	250

Tamaño bastidor MRD	300	450	700	1100	1800	2800	4500	7000
Desplazamiento (cm <sup>3</sup> /rev)	304	452	707	1126	1810	2792	4503	6967
Presión máx. cont. (bar)	250	250	250	250	250	250	250	250
Veloc. máx. trabajo (rpm)	750	600	500	330	250	215	170	130
Máx. potencia (kW)	53	75	97	119	157	194	210	250

Tamaño bastidor MRDE	330	500	800	1400	2100	3100	5400	8200
Desplazamiento (cm <sup>3</sup> /rev)	332	498	804	1370	2091	3104	5401	8226
Presión máx. cont. (bar)	210	210	210	210	210	210	210	210
Veloc. máx. trabajo (rpm)	750	600	450	280	250	215	160	120
Máx. potencia (kW)	49	70	93	102	148	190	210	250

*Nota.* Esta imagen pertenece al catálogo de bombas hidráulicas, Reproducido de catálogo de hidráulica y neumática, por, Muñoz, 2020.

(<https://www.kozmaksan.net/toma-de-fuerza-als-18-3060-product-786>).