



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencia y Tecnología
Escuela de ingeniería automotriz

COMPARACIÓN DE POTENCIA EN UNA
MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE MOTOCROSS
POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON BOMBA DE
AGUA ELÉCTRICA.

Autor:

Carlos Joaquín Sanchez Cordero

Tutor:

Ing. Gustavo Alvarez Coello

Cuenca-Ecuador

2023

Índice

I. Introducción.....	3
II. Materiales y métodos.....	4
III. Resultados	7

Índice de figuras

FIG. 1 USO DE BOMBAS DE AGUA ELÉCTRICAS.....	4
FIG. 2 MOTOCICLETA DE ESTUDIO	5
FIG. 3 SENSOR DE FLUJO.....	5
FIG. 4 BOMBA ELÉCTRICA.....	5
FIG. 5 DINAMÓMETRO SUPERFLOW AUTODYN 30.....	5
FIG. 6 DIAGRAMA DE CONEXIÓN DEL SENSOR DE FLUJO Y LA TARJETA ELECTRÓNICA ARDUINO UNO	6
FIG. 7 INSTALACIÓN DEL SENSOR DE FLUJO EN LA MOTOCICLETA	6
FIG. 8 CIRCUITO DE REFRIGERACIÓN	6
FIG. 9 CONJUNTO DE ELEMENTOS DE BOMBA DE AGUA MECÁNICA	6
FIG. 10 LOCALIZACIÓN DEL COMPONENTE ASPERSOR MECÁNICO	7
FIG. 11: LOCALIZACIÓN DE COMPONENTES ELÉCTRICOS.....	7
FIG. 12 INSTALACIÓN DE BOMBA ELÉCTRICA	7
FIG. 13 PRUEBAS EN DINAMÓMETRO DE CHASIS	7
FIG. 14 VALORES DE CAUDAL DE BOMBA MECÁNICA	8
FIG. 15 CURVAS DE POTENCIA OBTENIDAS EN 30 PRUEBAS.....	8
FIG. 16 VALORES DE POTENCIA CON BOMBA MECÁNICA Y ELÉCTRICA.....	8

Índice de tablas

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DE LA MOTOCICLETA	5
TABLA II. SENSOR DE FLUJO.....	5
TABLA III. BOMBA ELÉCTRICA.....	5
TABLA IV. DINAMÓMETRO	5

“COMPARACIÓN DE POTENCIA EN UNA MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE MOTOCROSS POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA”.

RESUMEN

La presente investigación está enfocada a determinar la variación de potencia de una motocicleta de motocross de 250cc al reemplazar la bomba de agua mecánica por una eléctrica. En primeras instancias realizándose pruebas en un dinamómetro de chasis con la bomba de agua mecánica original y posteriormente con la bomba eléctrica adaptada, la misma seleccionada con base en la revisión bibliográfica referente a la modalidad deportiva del motociclismo y validada por medio del análisis de caudales generados por el sistema original a diferentes regímenes de funcionamiento del motor. Posteriormente se realizó un análisis estadístico de los valores de potencia obtenidos en las diferentes condiciones de estudio de la motocicleta concluyendo que no existe una diferencia estadística significativa en los mismos. Sin embargo, se determinó que con la implementación de la bomba de agua eléctrica la dispersión de los valores de potencia obtenidos disminuyó considerablemente (39,44%). De esta forma se puede puntualizar en que la entrega de potencia del motor es más constante siendo beneficiosa la implementación de este sistema en motocicletas destinadas al ámbito de desempeño deportivo.

Palabras clave—motocicleta, motocross, potencia, bomba de agua eléctrica, dinamómetro de chasis.



Ing. Gustavo Álvarez Coello
Director



Ing. Robert Rockwood Iglesias
Coordinador de Escuela



Carlos Joaquin Sánchez Cordero
Autor

“Power determination of a motorcycle replacing the mechanical water pump with an electric one”

ABSTRACT

This investigation aimed to determine the power variation in a 250cc engine motocross motorcycle when replacing the mechanical water pump with an electric one. In the first instance, tests on a chassis dynamometer with the stock mechanical water pump and with the electric one were carried out. The pump was selected based on bibliographic review and validated through the analysis of coolant flow generated by the original system at different engine operating speeds. Subsequently, a statistical analysis of the power values obtained in the different study conditions of the motorcycle was carried out, concluding that there is no statistically significant difference in power (0,12%). However, it was determined that, with the implementation of the electric water pump, the dispersion of the power values obtained decreases considerably (39,44%). In this way, it can be pointed out that the power delivery of the engine is more constant, and the implementation of this system could be considered positive in motorcycles destined for the sporty performance field.

Keywords—motorcycle, motocross, power, electric water pump, chassis dynamometer.



Ing. Gustavo Álvarez Coello
Director of the Degree Project



Ing. Robert Rockwood Iglesias
Coordinator of the School



Carlos Joaquín Sánchez Cordero
Author

Translated by



Carlos Joaquín Sánchez Cordero



COMPARACIÓN DE POTENCIA EN UNA MOTOCICLETA DE COMPETICIÓN DE MOTOCROSS POSTERIOR A LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON BOMBA DE AGUA ELÉCTRICA.

Sanchez-Cordero Joaquin
Escuela de ingeniería automotriz
Universidad del Azuay
Cuenca, Ecuador
joaquinsanchezcordero@es.uazuay.edu.ec

Resumen—La presente investigación está enfocada a determinar la variación de potencia de una motocicleta de motocross de 250cc al reemplazar la bomba de agua mecánica por una eléctrica. En primeras instancias realizándose pruebas en un dinamómetro de chasis con la bomba de agua mecánica original y posteriormente con la bomba eléctrica adaptada, la misma seleccionada con base en la revisión bibliográfica referente a la modalidad deportiva del motociclismo y validada por medio del análisis de caudales generados por el sistema original a diferentes regímenes de funcionamiento del motor. Posteriormente se realizó un análisis estadístico de los valores de potencia obtenidos en las diferentes condiciones de estudio de la motocicleta concluyendo que no existe una diferencia estadística significativa en los mismos. Sin embargo, se determinó que con la implementación de la bomba de agua eléctrica la dispersión de los valores de potencia obtenidos disminuyó considerablemente (39,44%). De esta forma se puede puntualizar en que la entrega de potencia del motor es más constante siendo beneficiosa la implementación de este sistema en motocicletas destinadas al ámbito de desempeño deportivo.

Palabras clave—motocicleta, motocross, potencia, bomba de agua eléctrica, dinamómetro de chasis.

Abstract—This investigation aims to determine the power variation in a 250cc engine motocross motorcycle when replacing the mechanical water pump with an electric one, in the first instance carrying out tests on a chassis dynamometer with the stock mechanical water pump and with the electric one, the same one was selected based on bibliographic review and validated through the analysis of coolant flow generated by the original system at different engine operating speeds. Subsequently, a statistical analysis of the power values obtained in the different study conditions of the motorcycle is carried out, concluding that there is no statistically significant difference in power (0,12%), however it is determined that with the implementation of the electric water pump, the dispersion of the power values obtained decreases considerably (39,44%), in this way it can be pointed out that the power delivery of the engine is more constant, the implementation of this system could be considered positive in motorcycles destined for the sporty performance field.

Keywords—motorcycle, motocross, power, electric water pump, chassis dynamometer.

I. INTRODUCCIÓN

El término motocicleta abarca a todos los vehículos que, en principio tienen menos de cuatro ruedas, propulsado por

un motor y diseñado esencialmente para transportar una o más personas de las cuales una es el conductor del vehículo [1]. La Federación Internacional de Motociclismo (FIM) es la organización que representa a nivel global las actividades relacionadas al motociclismo, velando por los intereses y derechos del motociclista y la industria, la organización mencionada es reconocida por el comité olímpico internacional y es la única autoridad que puede avalar las actividades deportivas del motociclismo.

El motocross es una de las ramas del motociclismo deportivo contempladas por la FIM. Por definición, el motocross es un deporte de motor todoterreno de circuito cerrado que tiene lugar en una pista natural que consta de obstáculos y saltos hechos por el hombre; el diseño del circuito en sí también hace uso del paisaje para cambios de elevación, terreno y características distintivas [2]. Con base en la reglamentación FIM las competencias de esta modalidad consisten en dos carreras, por lo general con una duración entre 20-30 minutos cada una, siendo el ganador el primero en cruzar la línea de meta habiendo transcurrido el tiempo de carrera impuesto.

Las motocicletas para esta modalidad y los modelos de producción de serie o cómo se las comercializa sin modificaciones adoptan sistemas y elementos estándar que definen la potencia final que el motor es capaz de entregar, existen varias maneras de incrementar la potencia en los motores, desde la modificación y rediseño de elementos mecánicos, variaciones en las características constructivas originales, sistemas de encendido y la reducción de pesos y masas inerciales [3]. Adicionalmente según el mismo autor la segunda fase de potenciación de los motores surge a raíz de la implementación de sistemas electrónicos los cuales se pueden desarrollar e implementar a los motores.

Partiendo del concepto de potencia, esta expresa cuántas veces está disponible el par motor en el tiempo, es decir, con qué velocidad se puede disponer del par [4]. De la misma manera, el par generado en el motor es consecuencia de la longitud de la muñequilla del cigüeñal, y de la fuerza que recibe esta del pistón a través de la biela [5]. Estos valores están directamente relacionados a la velocidad de funcionamiento del motor (rpm) y sus magnitudes en el sistema internacional respectivamente establecidas como Newton-metro (N.m) para el torque y vatios o watts (W) para la potencia, aunque en el campo automotriz usualmente la potencia se considera en términos de caballos de fuerza (hp) y su equivalencia 1 hp = 0,746 kW.

Varios elementos mecánicos y características de los motores se encuentran normados por la FIM, las cuales son detalladas en el reglamento técnico de motocross FIM anual, por tanto, se debe buscar mejorar en la entrega de potencia en los elementos que lo permiten o de ser posible reducir las pérdidas de potencia producidas en el propio motor. Estas pérdidas pueden ser clasificadas por el proceso en el cual se producen, las mismas pueden ser por fricción y rozamiento entre elementos en movimiento, por la compresión de los gases en las etapas de funcionamiento del motor y por último las pérdidas generadas por los elementos de sistemas auxiliares del motor [6]. Se establece como elementos auxiliares aquellos que permiten un óptimo funcionamiento del motor específicamente en refrigeración y lubricación.

Los sistemas auxiliares del motor para lubricación y refrigeración requieren energía para mover los fluidos dentro del motor la cual debe ser aportada por la combustión reduciendo la potencia final del vehículo. Los elementos auxiliares por lo general son impulsados mecánicamente por el motor y están obligados a girar con una relación fija a la velocidad del motor. Esta restricción mecánica da como resultado pérdidas de energía [7]. Para en el caso del sistema de refrigeración para recircular el refrigerante es necesario una bomba la cual toma parte del movimiento rotacional del cigüeñal y es solidaria a la velocidad de giro del mismo.

Resultados de investigaciones previas indican la reducción del consumo de potencia de los sistemas auxiliares específicamente del sistema de refrigeración en la bomba de agua por medio de la implementación de una bomba de agua eléctrica en reemplazo de la mecánica, así, con los accionamientos eléctricos, la salida de los auxiliares se puede ajustar continuamente al nivel deseado y se pueden eliminar las pérdidas presentes en los accionamientos mecánicos actuales [7]. Con el desarrollo de la tecnología, el sistema de enfriamiento electrónico reemplaza la bomba y el ventilador mecánicos tradicionales que pueden ajustar su velocidad para reducir el consumo de energía [8]. La implementación de la bomba de agua eléctrica también tiene el potencial de brindar beneficios en el campo de la potencia [9]. La aplicación de la bomba de refrigerante eléctrica permite la reducción del consumo de potencia al optimizar el control del flujo de refrigerante [10]. En el estudio previamente indicado el autor indica una mejora del 87% en el consumo de energía de la bomba eléctrica en comparación de la bomba mecánica.

A pesar de la limitada información acerca de las modificaciones que los equipos presentes en el motocross a nivel mundial realizan en sus motocicletas ha sido posible observar la implementación de un sistema de refrigeración comandado por medio de una bomba de agua eléctrica en los varios campeonatos de la modalidad en el año 2021 y 2022, se indica en la Fig. 1



Fig. 1 Uso de bombas de agua eléctricas 2022 [11].

En el sistema de refrigeración la bomba de agua es la encargada de mantener la temperatura óptima de funcionamiento del motor, para esto la bomba proporciona un flujo volumétrico determinado de refrigerante a través del mismo, también conocido como caudal, la selección de una bomba eléctrica que sea capaz de reemplazar a la mecánica estándar debería ser capaz de proporcionar el flujo de refrigerante requerido.

La hipótesis del presente estudio es que el incremento de potencia de la motocicleta de estudio al realizar las modificaciones es significativa (superior al 3% del valor inicial), para esto con base en una metodología experimental y por medio de pruebas de laboratorio en un dinamómetro de chasis se busca determinar la variación de potencia del motor de una motocicleta de competición de motocross al modificar el sistema de refrigeración de la misma, específicamente sustituyendo el aspensor de la bomba de agua mecánica por una bomba accionada eléctricamente.

Las pruebas se las realizan a 2530 msnm en el dinamómetro de la Universidad del Azuay de la escuela de ingeniería automotriz en el transcurso de octubre – diciembre 2021 en una motocicleta de motocross de 250cc cuyas características se detallarán en la sección de materiales.

El objetivo de esta investigación es determinar los valores de potencia en una motocicleta de motocross previos y posteriores a la implementación de un sistema de refrigeración con bomba de agua eléctrica, para esto se adaptará el sistema eléctrico removiendo los componentes y sistemas mecánicos de refrigeración originales de la motocicleta y se compararán los valores de las pruebas obtenidas.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Motocicleta:

La investigación y pruebas se realizaron en una motocicleta Honda CRF250R 2020.



Fig. 2 Motocicleta de estudio [12].

TABLA I. CARACTERÍSTICAS DE LA MOTOCICLETA

Marca	Honda
Modelo	CRF250R.
Año	2020
Cilindraje	249,3cc mono-cilíndrico.
Relación de compresión	13,9:1.
Sistema de refrigeración	Refrigeración líquida.

B. Sensor de flujo:

Este dispositivo se utilizó con el propósito de determinar el flujo de refrigerante proporcionado por la bomba mecánica, el mismo requiere programación en una plataforma electrónica de desarrollo abierto (Arduino), las características son las siguientes:

TABLA II. SENSOR DE FLUJO

Marca	Sea
Modelo	YS-201
Tipo	Sensor de efecto Hall
Rango de flujo	30 L/min.
Pulsos por litro	450

C. Sensor de flujo



Fig. 3 Sensor de flujo [13].

D. Bomba:

Para la selección de la bomba eléctrica se realizó una investigación por medios audiovisuales relacionados al motociclismo, se identificó el uso de la bomba BoschPAD.

TABLA III. BOMBA ELÉCTRICA

Marca	Bosch
Voltaje	12v
Numero de parte	0 392 023 004
Presión de bombeo	0.1 bar
Tasa de flujo	900 L/h



Fig. 4 Bomba eléctrica [14].

E. Dinamómetro:

Para la obtención de los valores de potencia se utilizó el dinamómetro de la escuela de ingeniería automotriz Autodyn Superflow 30, el mismo que presenta las siguientes características:

TABLA IV. DINAMÓMETRO

Marca	Autodyn
Modelo	Superflow 30
Velocidad máxima	362 km/h
Potencia máxima	1200 hp



Fig. 5 Dinamómetro Superflow Autodyn 30 [15].

F. Validación de la bomba:

Para la selección de la bomba eléctrica además de la investigación realizada, se analizó el caudal que proporciona la bomba mecánica de la motocicleta, para esto fue necesario la implementación de un sensor de flujo, el mismo que proporciona los valores del caudal generado por la bomba mecánica en tiempo real, esto con el fin de comparar los caudales generados tanto por la bomba mecánica y eléctrica garantizando así el correcto funcionamiento del motor y evitando problemas de sobrecalentamiento.

Las pruebas se realizan con la transmisión de la motocicleta en neutral con el motor en su totalidad de regímenes de funcionamiento (2200rpm-1480rpm), en base a esto se obtuvo el total de 548 datos.

Para la obtención de datos se utilizó el sensor YS-201, el mismo que requiere programación por medio de la plataforma Arduino con el esquema de conexión indicado en la Fig. 6:

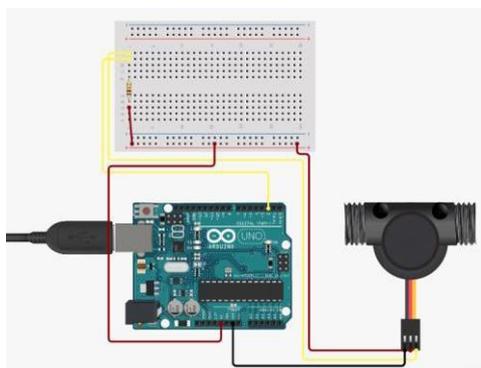


Fig. 6 Diagrama de conexión del sensor de flujo y la tarjeta electrónica Arduino Uno (Generado con Circuito.io)

La instalación de este dispositivo se la realizo en serie en el sentido de circulación del refrigerante como se indica en la Fig. 7:

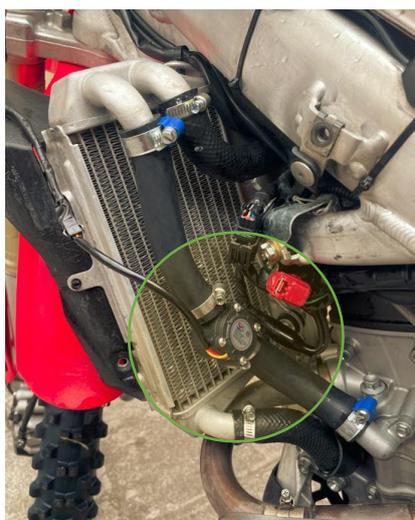


Fig. 7 Instalación del sensor de flujo en la motocicleta.

G. Instalación de la bomba eléctrica:

Para la instalación de la bomba se considera la dirección de flujo original de motocicleta, el mismo que puede ser observado en la Fig. 8:

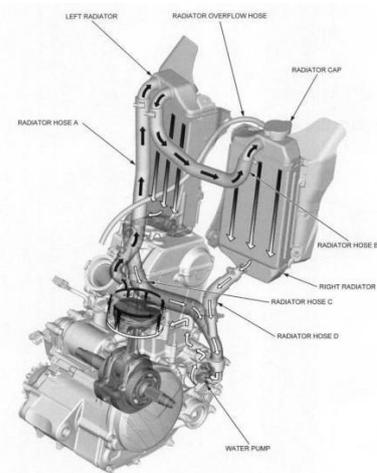


Fig. 8 Circuito de refrigeración [16].

Para este caso, se procedió con la remoción del aspersor de la bomba mecánica, el mismo que se encarga de generar la circulación del refrigerante del motor, este elemento se destaca en la Fig. 9 a continuación:

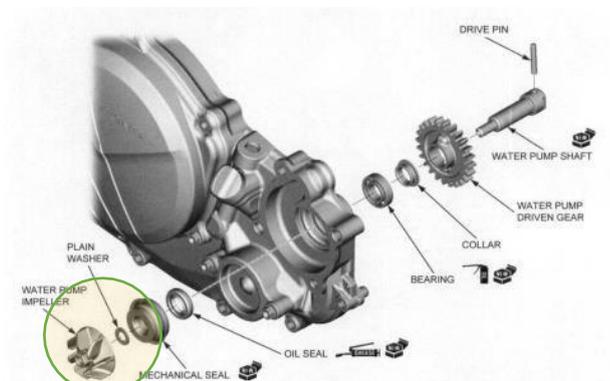


Fig. 9 Conjunto de elementos de bomba de agua mecánica [16].

En la Fig. 10 a y b, se ilustra la remoción del aspersor de refrigerante de la bomba mecánica.



a) Motocicleta con aspersor de refrigerante instalado.



b) Motocicleta con aspersor de refrigerante removido.

Fig. 10 Localización del componente aspersor mecánico

Para la activación de la bomba de agua eléctrica se requiere un voltaje de 12 voltios, los mismos que son obtenidos directamente del sistema eléctrico de la motocicleta, específicamente de la batería, la ubicación de la batería se detalla en la Fig. 11 a continuación:

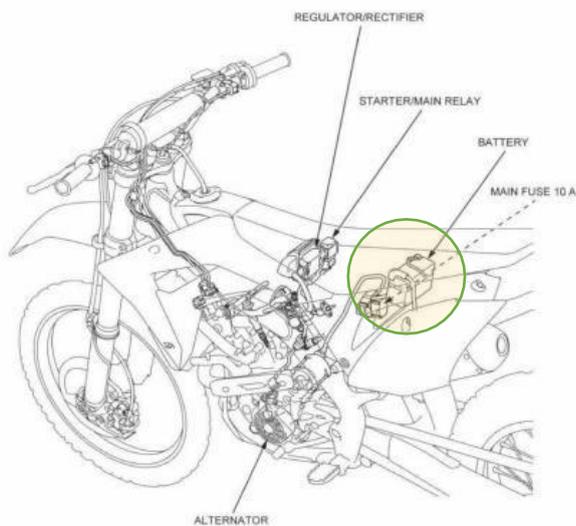


Fig. 11: Localización de componentes eléctricos [16].

En la Fig. 12 se muestra la bomba eléctrica instalada en la motocicleta de estudio.



Fig. 12 Instalación de bomba eléctrica.

H. Pruebas en dinamómetro:

Se realizaron 15 pruebas en dinamómetro de chasis bajo 5 estados de carga del rodillo del dinamómetro (0% -4%), los mismos que simulan las diferentes condiciones de trabajo en las cuales la motocicleta puede funcionar, de esta forma se obtienen los valores de potencia bajo las mismas condiciones y parámetros de funcionamiento, sin modificaciones, y con la instalación del sistema de bomba eléctrica, las curvas de potencia se indican en la Fig. 15 en el apartado de resultados.



Fig. 13 Pruebas en dinamómetro de chasis.

III. RESULTADOS

Las pruebas de obtención del caudal de la bomba mecánica generaron un total de 548 datos a diferentes velocidades de giro del motor (2200rpm-14800rpm), obteniendo un valor promedio de 884,27 L/h, por lo tanto, la validación del funcionamiento de la bomba eléctrica seleccionada es apropiada, siendo la eléctrica capaz de

generar un caudal continuo de 900 L/h, este caudal es independiente de la velocidad de giro del motor.

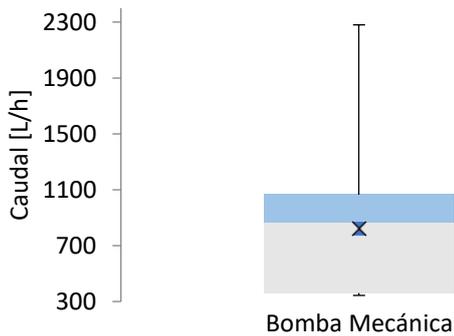


Fig. 14 Valores de caudal de bomba mecánica.

Los valores de potencia promedio obtenidos con la bomba de agua mecánica y eléctrica son de $30,91 \pm 0,34$ [hp] y $30,88 \pm 0,14$ [hp] respectivamente, a continuación, se indican en la

Fig. 15.

Los valores de potencia obtenidos en las dos condiciones de análisis, no indican una variación significativa de la potencia, sin embargo, se puede determinar que la dispersión de estos valores se reduce significativamente en un 39,44% con la utilización de la bomba eléctrica, esto con base al tamaño del intervalo de confianza del 95% considerado para el análisis de la dispersión.

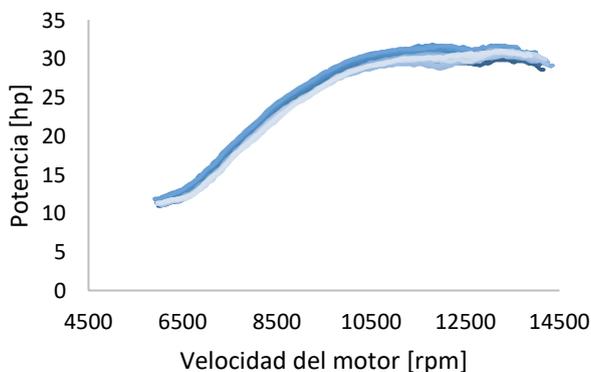


FIG. 15 CURVAS DE POTENCIA OBTENIDAS EN 30 PRUEBAS.

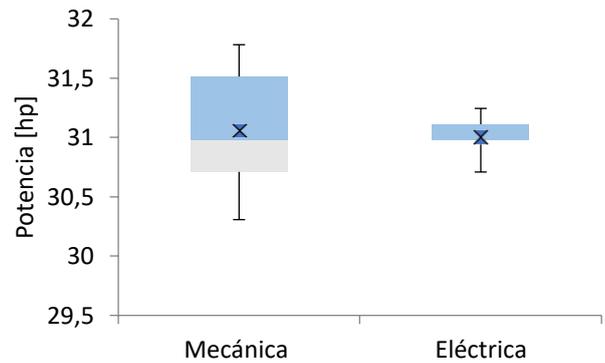


Fig. 16 Valores de potencia con bomba mecánica y eléctrica.

IV. CONCLUSIONES

Se determinaron los valores de potencia en la motocicleta de estudio previos y posteriores a la implementación del sistema de bomba de agua eléctrica.

Para esto se adaptó un sistema eléctrico que cumple con los requerimientos de funcionamiento básicos de la motocicleta así removiéndose los elementos mecánicos que componían el sistema de bomba de agua original.

En la comparación de los valores obtenidos se determina que no existe un incremento de potencia significativo, sin embargo, en base al análisis realizado se puede destacar una menor dispersión en los datos generados por el sistema de bomba de agua eléctrica (39,44%), de esta forma se puede definir que la entrega de potencia del motor es más constante, siendo este un factor de análisis positivo para la implementación y desarrollo a futuro del este sistema de refrigeración eléctrica.

La instalación de este sistema se recomienda a pilotos de alto rendimiento y equipos que requieran obtener el máximo desempeño de la motocicleta.

Como análisis a futuro para la implementación del sistema de bomba de agua eléctrica y la validación del mismo se recomienda la remoción de todos los elementos mecánicos de la bomba de agua original, esto en búsqueda de generar un incremento adicional en la potencia, para esto será necesario la instalación de nuevos elementos constructivos en el motor. Se podría considerar parámetros térmicos del funcionamiento del motor para la regulación del régimen de giro de la bomba eléctrica aplicable a un controlador PWM controlando el caudal que genera la misma. Adicionalmente la realización de pruebas en pista y de capacidad de aceleración determinarían las condiciones de mejora en un ambiente real de funcionamiento de la motocicleta.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la tutoría del Ing. Gustavo Álvarez C, Mgt. A quien me gustaría dirigir mi agradecimiento por el acompañamiento en el mismo, de la misma manera al Ing. Pablo Paredes C, Mgt. Por su ayuda con la realización de las pruebas en dinamómetro y a la Escuela de Ingeniería de la Universidad del Azuay por facilitar el uso del dinamómetro de chasis.

REFERENCIAS

- [1] FIM, “Technical Rules Motocross (Including Rules for Supermoto, Sidecars, Quads and Snowcross) Règlements Techniques Motocross (Règlements pour Supermoto, Sidecars, Quads et Motoneige inclus),” 2021.
- [2] YAMAHA RACING, “About MXGP - Yamaha Racing,” 2022. <https://www.yamaha-racing.com/mxgp/about/> (accessed May 29, 2022).
- [3] J. A. Arpal, “Mecánica y Electricidad,” 2003. Accessed: Jun. 13, 2022. [Online]. Available: www.centro-zaragoza.com
- [4] J. Castillo, ; Rojas, Vicente, ; Martínez, and Jorge, “Determinación del Torque y Potencia de un Motor de Combustión Interna a Gasolina Mediante el Uso de Bujía con Sensor de Presión Adaptado y Aplicación de un Modelo Matemático Determination of Torque and Power of a Gasoline Internal Combustion Engine by Using Spark with Pressure Sensor Adapted and Application of a Mathematical Model,” 2017.
- [5] S. Escudero, J. Gonzales, J. L. Rivas, and A. Suárez, *Motores*. 2011.
- [6] J. I. Guerra-Naranjo, J. E. Guasumba-Maila, K. A. Lluglluna-Simbaña, and W. A. Escobar-Barrazueta, “La importancia de las características principales en las perdidas mecánicas de los motores de combustión interna alternativos,” vol. 6, pp. 960–980, 2021, doi: 10.23857/pc.v6i8.2992.
- [7] N. Pettersson and K. H. Johansson, “Modelling and control of auxiliary loads in heavy vehicles,” *Int J Control*, vol. 79, no. 5, pp. 479–495, May 2006, doi: 10.1080/00207170600587333.
- [8] P. Setlur, J. R. Wagner, D. M. Dawson, and E. Marotta, “An advanced engine thermal management system: Nonlinear control and test,” *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 10, no. 2, pp. 210–220, Apr. 2005, doi: 10.1109/TMECH.2005.844707.
- [9] B. Jawad, K. Zellner, and C. Riedel, “Small Engine Cooling and the Electric Water Pump,” 2004. [Online]. Available: www.sae.org
- [10] H. Cho, D. Jung, Z. S. Filipi, D. N. Assanis, J. Vanderslice, and W. Bryzik, “Application of controllable electric coolant pump for fuel economy and cooling performance improvement,” *J Eng Gas Turbine Power*, vol. 129, no. 1, pp. 239–244, Jan. 2007, doi: 10.1115/1.2227035.
- [11] “Vital MX Pit Bits: Anaheim 1 - Motocross Feature - Vital MX.” <https://www.vitalmx.com/features/Vital-MX-Pit-Bits-Anaheim-1,7707> (accessed Jan. 29, 2023).
- [12] D. Williams, “2020 Honda CRF250R and CRF250RX First Look (18 Fast Facts).” <https://ultimatemotorcycling.com/2019/05/07/2020-honda-crf250r-and-crf250rx-first-look-fast-facts/> (accessed Jan. 29, 2023).
- [13] “Sensor de Flujo de Agua YF-S201 - AV Electronics.” <https://avelectronics.cc/producto/sensor-de-flujo-de-agua-yf-s201/> (accessed Jan. 29, 2023).
- [14] BOSCH, “Electric motors.”
- [15] “SuperFlow Chassis Dynamometers - AutoDyn 30 Chassis Dyno - ASSURICH 裕 豐 .” <https://www.assurich.com.my/engine-dynamometer-system-superflow-autodyn-30.htm> (accessed Jan. 29, 2023).
- [16] Honda Motor Co., *Honda 2018-2021 CRF250R/RX Service Manual*. 2021.