



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

**Optimización del sistema de refrigeración del Motor Toyota Yaris
1300 cc para reducir el consumo de combustible**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Olivos Castillo, Carlos Enrique (ORCID:[0000-0002-7672-115X](https://orcid.org/0000-0002-7672-115X))

ASESOR:

Dr. Carranza Montenegro, Daniel (ORCID:[0000-0001-6743-6915](https://orcid.org/0000-0001-6743-6915))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento Y Simulación De Sistemas Electromecánicos

CHICLAYO – PERÚ

2022

Dedicatoria

En primer lugar, a Dios, por ser mi guía espiritual en este trayecto de mi carrera profesional.

A mi esposa Neri, a mis hijas Damaris Ariana y Xiomi, porque ellos son la fuente de mi inspiración y esfuerzo, a mis padres Celio y Santos, que siempre estuvieron a mi lado, junto con mis hermanos y a todos los amigos que me alentaron y ayudaron para alcanzar la meta en mi vida profesional.

CARLOS ENRIQUE OLIVOS CASTILLO

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por apoyarme en todo momento y sacrificarse en todo estos años.

A los docentes de la Universidad “César Vallejo”, que participaron en el proceso de la presente investigación.

Finalmente a los amigos y compañeros de estudio que en todo momento me brindan su apoyo y colaboración de manera desinteresada.

CARLOS ENRIQUE OLIVOS CASTILLO

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de Investigación.....	13
3.2. Variables y operacionalización.....	13
3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	14
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Método de análisis de datos.....	17
3.7. Aspectos éticos	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIÓN.....	49
VI. CONCLUSIONES.....	52
VII. RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS	54
ANEXOS	60

Índice de tablas

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	15
Tabla 2. Vehículos de prueba.....	18
Tabla 3. Vehículo de prueba 01	20
Tabla 4. Vehículo de prueba 02	20
Tabla 5. Vehículo de prueba 03	21
Tabla 6. Vehículo de prueba 04	21
Tabla 7. Parámetros de medición vehículo 01	23
Tabla 8. Parámetros de medición vehículo 02	23
Tabla 9. Parámetros de medición vehículo 03	24
Tabla 10. Parámetros de medición vehículo 04	24
Tabla 11. Parámetros de medición.....	25
Tabla 12. Análisis de gases vehículo 01	28
Tabla 13. Análisis de gases vehículo 02	28
Tabla 14. Análisis de gases vehículo 03	28
Tabla 15. Análisis de gases vehículo 04	29
Tabla 16. Emisión de gases de escape promedio 4 vehículos.....	29
Tabla 17. Características de la bomba de agua mecánica.....	39
Tabla 18. Especificaciones técnicas de la bomba de agua eléctrica.....	41
Tabla 19. Inversión inicial	44
Tabla 20. Flujo de caja	45
Tabla 21. Valor Actual Neto.....	46
Tabla 22. Tasa Interna de Retorno.....	47

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Circuito de refrigeración motor	7
Figura 2. Control electrónico de Ventilador del sistema de Enfriamiento.	8
Figura 3. Ecuación de Bernoulli en Bombas de Agua	9
Figura 4. Triángulos de Euler en Bomba Hidraulica.	10
Figura 5. Transferencia de calor por conducción.	11
Figura 6. Parámetros de motor de corriente continua.	12
Figura 7. Circuito eléctrico del sistema de refrigeración	12
Figura 8. Diseño de ejecución para desarrollo de la investigación.	16
Figura 9. Scanner Gscan2.....	19
Figura 10. Kilometraje a cero	22
Figura 11. Primer recorrido.....	22
Figura 12. Surtidor de gasolina	22
Figura 13. Consumo de combustible.....	26
Figura 14. Analizador de gases Pierburg instruments	27
Figura 15. Sistema de refrigeración motor 1NR	30
Figura 16. Bomba de agua motor 1NR.....	30
Figura 17. Calculadora colebrook.....	34
Figura 18. Diagrama de Moody	34
Figura 19. Sistema de enfriamiento.....	38
Figura 20. Bomba de agua Eléctrica marca Custar	41
Figura 21. Ubicación de la bomba de agua eléctrica.....	42
Figura 22. Circuito eléctrico de la bomba de agua de accionamiento eléctrico	42
Figura 23. Curva de torque y potencia	43

Resumen

La presente tesis que denominada: "OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL MOTOR TOYOTA YARIS 1300CC PARA REDUCIR EL CONSUMO DE COMBUSTIBLE" dicho estudio se realizó para determinar la reducción del combustible, al cambiar la bomba de agua de accionamiento mecánico que utiliza el motor Toyota 1NR-FE, por una bomba de agua de accionamiento eléctrico, que es la tendencia que se busca con los diferentes sistemas automotrices.

En la presente investigación, se utilizaron cuatro vehículos entre los años 2015 al 2019, y se realizaron los cálculos para determinar los parámetros hidráulicos, mecánicos, térmicos con los que trabaja la bomba de agua de accionamiento mecánico, con lo que se determinó, el tipo de bomba agua de accionamiento eléctrico que se va a utilizar. Dentro de los Cálculos podemos resaltar que el sistema de refrigeración, trabaja con un flujo masico 1.5414Kg/s, y el flujo de calor que sede el refrigerante etilenglicol, hacia el exterior es de 66.827KW, consume una potencia mecanica de 274.627 watt, y presenta un caudal de 1.386 l/s, el consumo de combustible del vehículo, en la zona urbana es de 43Km/Gal, implementando el sistema de refrigeración con una bomba de agua de accionamiento eléctrico, incrementamos el rendimiento del motor en 1%, y una reducción de 32.7316 kg de CO₂ al medio ambiente, al mes por vehículo.

Se concluyó con la evaluación económica utilizando indicadores económicos, tales como Valor actual neto y tasa interna de retorno

Palabras Clave: Consumo de combustible, bomba de agua eléctrica, sistema de refrigeración.

Abstract

This thesis called: "OPTIMIZATION OF THE TOYOTA YARIS 1300CC ENGINE COOLING SYSTEM TO REDUCE FUEL CONSUMPTION" said study was carried out to determine the reduction of fuel, by changing the mechanically driven water pump used by the Toyota 1NR engine -FE, for an electrically driven water pump, which is the trend sought with the different automotive systems.

In the present investigation, four vehicles were used between the years 2015 and 2019, and the calculations were made to determine the hydraulic, mechanical, and thermal parameters with which the mechanically driven water pump works, with which it was determined, the type electrically operated water pump to be used. Within the calculations we can highlight that the refrigeration system works with a mass flow of 1.5414Kg/s, and the heat flow produced by the ethylene glycol refrigerant to the outside is 66.827KW, consumes a mechanical power of 274.627 watts, and It has a flow rate of 1,386 l/s, the fuel consumption of the vehicle in the urban area is 43Km/Gal, by implementing the cooling system with an electrically driven water pump, we increased engine performance by 1%, and a reduction of 32.7316 kg of CO₂ into the environment, per month per vehicle.

The economic evaluation was concluded using economic indicators, such as Net Present Value and internal rate of return.

Keywords: Fuel consumption, electric water pump, cooling system.

I. INTRODUCCIÓN

El Perú tiene como objetivo hacia 2040 tener una matriz energética diversificada, competitiva y que fomente la eficiencia energética, es así que se ha creado la Dirección General de Eficiencia Energética.

La tendencia en la evolución del accionamiento de los mecanismos de los sistemas del motor de combustión interna es la de utilizar la energía eléctrica, debido a que éste tipo de energía presenta mayores prestaciones en cuanto a su manipulación, control, transporte y almacenamiento, dicha tendencia se evidencia en el accionamiento de los sistemas de dirección, alimentación de combustible, entre otros (DGEE, 2018).

El motor de combustión interna genera energía mecánica a partir de la energía química del combustible, mediante el proceso de combustión; la generación de energía mecánica tiene como fin el accionamiento de las ruedas motrices de la unidad, así como también el accionamiento de sistemas complementarios en el mismo motor; como es el caso del alternador, sistema de dirección hidráulica, ventilador del radiador, compresor de sistema de aire acondicionado, bomba de agua.

La mejora de funcionamiento de los sistemas complementarios del motor de combustión interna está en que su accionamiento es variable, de acuerdo a la variación de las condiciones de funcionamiento del motor; es por ello que al accionarlo mediante la energía eléctrica, permite variar sus parámetros como es la intensidad de corriente eléctrica, tensión, tiempo de accionamiento e intervalos de accionamiento.

La bomba de agua del sistema de enfriamiento en los motores de combustión interna, tiene accionamiento mecánico desde el eje cigüeñal del motor, mediante una transmisión por engranajes o por medio de faja o cadena; es decir que el acoplamiento es directo. La bomba de agua funciona al mismo ritmo de funcionamiento del motor, y no lo hace de acuerdo a las necesidades de intercambio de energía calorífica del flujo de refrigerante, debido a que no se varía los parámetros de accionamiento de la bomba de agua.

En el caso específico del motor Toyota Yaris de 1300 cc, son los más utilizados para el transporte público y con un recorrido de 200,000 km a más, tienden a ser reparados, y en el sistema de refrigeración presenta fallas en su funcionamiento, tanto como en su accionamiento así como en la estructura interna de la bomba, debido a desalineamientos, vibraciones, fugas, picaduras entre otros. El flujo del refrigerante dentro de la bomba ocasiona problemas en su funcionamiento debido a que por fenómenos inherentes al flujo, como son la cavitación y cambio de densidades debido a las variaciones de temperatura y presión. El mal funcionamiento del sistema de enfriamiento del motor está dentro de las 10 fallas más comunes que se reportan en los diferentes talleres de mantenimiento y reparación en la ciudad de Chiclayo, a esto se acrecienta el incremento del precio de combustible.

Esta problemática constituye para muchas unidades vehiculares no solo un incremento en sus costos de reparación y/o mantenimiento, sino también genera tiempos muertos de no utilización de la unidad vehicular en el periodo de reparación, debido a que los vehículos con motor de 1300 cc, son los más utilizados para el servicio público de pasajeros (Mtc, 2018).

Se formula la investigación: ¿Cómo optimizar el Sistema de Refrigeración del Motor Toyota Yaris 1300 cc para determinar la reducción del consumo de combustible?

La investigación se justificó desde el punto de vista técnico, económico, social y ambiental. Se justificó desde el punto de vista técnico debido a que es posible el accionamiento eléctrico de la bomba de agua, debido a que se tiene disponibilidad de energía en la batería del sistema eléctrico, con lo cual se permite el suministro y la manipulación de sus variables como son la intensidad de corriente eléctrica, la tensión y el tiempo de operación, con ello se tiene un funcionamiento de la bomba independientemente al funcionamiento del motor del vehículo. Así mismo se reduce las vibraciones en el accionamiento de la bomba del refrigerante.

Económicamente se justificó la propuesta por dos motivos: el primero es que se puede realizar el mantenimiento del sistema de accionamiento de la bomba del refrigerante independientemente a la del motor, por lo cual el costo de mantenimiento disminuye significativamente; y por otro lado al tener una

dosificación del flujo del refrigerante, las pérdidas en el intercambio de calor entre el refrigerante y el monoblock del motor son menores, lo cual incrementa la eficiencia del motor, y tiene como consecuencia directa el menor consumo específico de combustible, con menores costos de operación de la unidad vehicular.

En el aspecto social, se justificó porque al disminuir los costos operativos de la unidad vehicular, debido a los costos de mantenimiento, se tiene mayores ingresos para los propietarios y conductores del vehículo, mejorando sus condiciones de vida. Ambientalmente la investigación de manera indirecta busca la disminución de las emisiones de los gases de escape del motor, debido a que al tener una optimización del intercambio de calor entre el refrigerante y el motor de gasolina, se tiene menor consumo de combustible, y por lo tanto menores emisiones de dióxido de carbono que es un gas inherente a la combustión, así como también la posible aparición de óxidos de nitrógeno si es que aparecen puntos muy calientes en el interior del motor.

La presente investigación tuvo como objetivo general la optimización del sistema de refrigeración del motor Toyota Yaris 1300 cc para reducir el consumo de combustible, y para el logro de éste objetivo general, se estableció los objetivos específicos que fueron: Diagnosticar la situación actual del funcionamiento del sistema de accionamiento mecánico y su incidencia en el consumo de combustible. Determinar los parámetros térmicos, mecánicos, hidráulicos, eléctricos y de control en la operación de la bomba del refrigerante, a diferentes condiciones de funcionamiento. Determinar la reducción del consumo de combustible, al sustituir la bomba mecánica a bomba eléctrica del sistema de refrigeración. Evaluar económicamente utilizando indicadores económicos, tales como Valor actual neto y tasa interna de retorno y Evaluar Ambientalmente determinando la disminución del CO₂ al medio ambiente.

La hipótesis de la investigación es: la optimización del sistema de refrigeración del motor Toyota Yaris 1300 cc reduce el consumo de combustible.

II. MARCO TEÓRICO

En las innovaciones tecnológicas automotrices, se ha evidenciado que existe un cambio en el accionamiento de los sistemas auxiliares del motor de combustión interna, es decir de reemplazar el uso de la energía mecánica por la energía eléctrica, a fin de mejorar su control en su funcionamiento; entre las INVESTIGACIONES, se puede mencionar:

(Herrera, 2020) En su trabajo de grado denominado: “Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna”, presentado en la Universidad de Antioquia en la ciudad de Medellín-Colombia, concluye:

“Los motores de combustión interna, están en constante cambio, adecuándose a las diferentes situaciones ambientales y energéticas, se desarrollan sistemas de refrigeración controlados eléctricamente, la componen la bomba eléctrica, válvulas electrónicas, inyección del refrigerante independiente por cilindro, recubrimientos pulverizados para incrementar la conductividad térmica del refrigerante, con ello se logra la reducción de emisiones contaminantes y el incremento de la eficiencia del motor, incluso en INVESTIGACIONES se ha podido determinar reducción de 2% y el 7,5% del consumo de combustible y una disminución de hasta el 60% de emisiones de CO₂, estos sistemas son la nueva forma que se desarrollarán en el futuro con los motores de combustión interna”.

“Además una bomba que es controlada eléctricamente, logra su temperatura de funcionamiento en corto tiempo, por lo tanto se disminuye el tiempo de arranque en frío, también se disminuye el sobreenfriamiento que se produce con la bomba mecánica, por trabajar constantemente, por lo tanto la bomba eléctrica envía flujo de refrigerante, bajo diferentes condiciones del motor, evitando altas temperaturas y por ende fatigas térmicas”.

“Que una bomba controlada eléctricamente permite que el motor alcance su temperatura de funcionamiento rápidamente, reduciendo el tiempo de arranque en frío al impedir el recorrido del flujo de refrigerante, logrando de esta manera una disminución en el consumo de combustible. Por otra parte, al trabajar en función de la temperatura del motor, se elimina el sobre enfriamiento el cual es producido por la bomba convencional (accionada por una polea, correa y cigüeñal) ya que, al

operar en función de las RPM, ésta siempre va a estar enviando un flujo de refrigerante, aun cuando el motor está operando en una condición parcial y su temperatura es baja. Finalmente, este dispositivo también permite que el refrigerante siga circulando a través del motor cuando este se encuentra apagado después de una operación en plena carga, evitando así que diferentes elementos dentro del sistema de refrigeración alcancen altas temperaturas y por ende fatigas térmicas, se concluye que el motor utilizara 2 valvulas selenoides: cierre de refrigerante y derivación de refrigerante, para disminuir el arranque en frio”.

(Quenta, 2017) En su trabajo de investigación: “Análisis termodinámico del sistema de refrigeración y efectos en el rendimiento del motor SY1033dfh4 utilizando agua natural y refrigerante Vistony en la empresa Antares Arquitectos S.R.L. en la ciudad de Cusco”, presentado a la Universidad Nacional del Altiplano – Puno, concluye:

“En el análisis termodinámico del sistema de refrigeración y los efectos que causa en el motor SY1033DFH4 marca Jinbei utilizando como fluidos refrigerantes agua natural y refrigerante Vistony 50/50 (coolant antifreeze), se realizó en tres ocasiones las mediciones de temperatura a la entrada y salida del radiador; luego se hizo un estudio térmico del sistema de refrigeración, utilizando fórmulas de transferencia de calor y termodinámica clásica”.

“Se obtuvieron resultados, demostrando que el agua natural como fluido refrigerante en el sistema de refrigeración, extrae más calor que el refrigerante Vistony 50/50 (coolant antifreeze) en un promedio de 10.47 kW, los resultados obtenidos se compararon con el análisis de varianza (ANOVA), y concluyo que ambos agentes refrigerantes son significativamente diferentes con un p-valor de < 0,0032 a la salida del radiador y < 0, 0001 a la entrada del mismo”.

(Cabezas, 2018), en su tesis de grado denominado: “Análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300 cc”, presentado a la Universidad César Vallejo, concluye:

“La potencia que se necesita en el sistema de dirección eléctrica es de 195 Watt, que es utilizada para el motor eléctrico sustraído del sistema eléctrico de la batería

y el alternador del vehículo, la Potencia Mecánica es 1274 Watt que es absorbido desde el eje cigüeñal a través de un sistema de transmisión mecánica”.

“Se demuestra un mejor rendimiento si se utiliza un vehículo con dirección eléctrica frente a uno con dirección mecánica a una velocidad cruce de giro del motor (2800rpm), el promedio de la variación es entre 4 y 5 km por galón más para el caso del vehículo con dirección eléctrica, en términos porcentuales, 5 de 41.15 km por galón, representa el 9.7% de menor consumo de combustible”.

“Comparando el sistema de dirección con asistencia hidráulica, para una velocidad de 1800 RPM, consume el 2.28% de combustible, mientras que para la dirección eléctrica a la misma velocidad el consumo es del 0.355%, para una velocidad de 2800 RPM, el consumo de combustible para una velocidad de 2800 RPM es de 1.47% para dirección hidráulica y de 0.228% para dirección eléctrica, en el caso de la velocidad máxima a menor consumo, el sistema de dirección hidráulica consume 1.286% del consumo total, mientras que para la dirección eléctrica a dicha velocidad el consumo es del 0.2%”.

(Rojas, 2019) En su tema de tesis: “Diseño de un sistema de refrigeración por absorción para abastecer de energía al sistema de aire acondicionado en vehículos ligeros”, presentado a la Universidad César Vallejo, menciona:

“Se diseñó el colector de calor ubicado en el interior del radiador del vehículo, demostrando que la velocidad del líquido refrigerante del circuito de aire acondicionado será de 3.18 m/s. LMTD es la desigualdad de temperatura media logarítmica con un valor de 56.91 °C, área de transferencia del serpentín de 0.062m², longitud total 3.15m. Con lo cual se determinó el caudal del refrigerante a diferentes condiciones de funcionamiento. El Evaporador, en donde se produce el efecto refrigerante, tiene que extraer los 1608.29 Watt de energía calorífica, y la potencia del condensador del sistema es de 305 Watt”.

El sistema de enfriamiento de un motor de combustión interna tiene como finalidad extraer el calor del monoblock y culata del motor, a fin de establecer la temperatura normal de funcionamiento, el cual oscila entre los 85 y 102 grados Celsius. El refrigerante tiene su punto de ebullición superior a éste valor, normalmente en 115 °C, con lo cual la transferencia de calor se realiza en fase líquida del refrigerante.

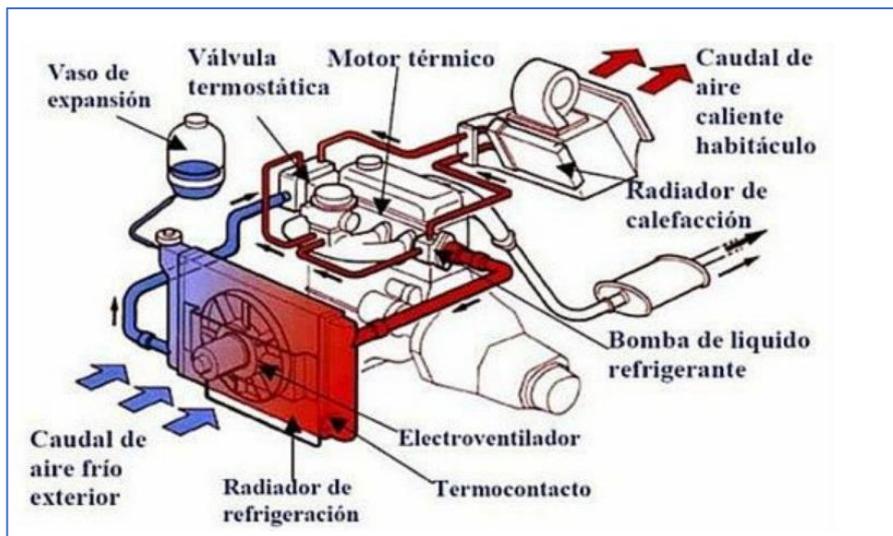


Figura 1. Circuito de refrigeración motor
Fuente: (Bubocar, 2016)

Los elementos del sistema de refrigeración del motor de combustión interna lo constituyen el radiador, termostato, la bomba de agua, mangueras de conducción, electroventilador, así como también el sensor de medición de la temperatura del motor el cual envía información hacia la unidad de control electrónico del motor, que es una variable determinante en el cálculo de la cantidad de combustible a inyectar en el motor.

Así mismo se tiene el indicador de temperatura ubicado en el tablero de instrumentos, el cual permite visualizar cuando el motor tiene un valor de temperatura superior al de funcionamiento.

El ventilador del sistema de refrigeración del motor es accionado desde la unidad de control electrónico y esto se da a medida que la temperatura del refrigerante en el interior del radiador se requiera, hasta alcanzar los valores de intercambio de calor en el radiador. En la figura 2 se muestra el esquema eléctrico del motor de combustión interna de 1300 cc, en ello se puede observar que el accionamiento del ventilador eléctrico se realiza desde el relé K1 el cual tiene el cierre del contacto de su bobina con el terminal 2 de la Unidad de control electrónico.

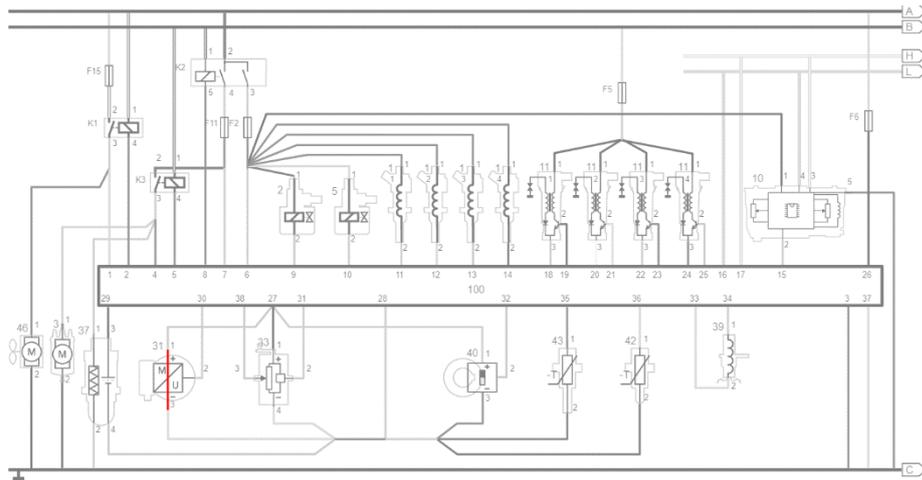


Figura 2. Control electrónico de Ventilador del sistema de Enfriamiento.
Fuente: Manual de Toyota del Perú, 2017

La bomba del refrigerante incrementa la presión de este líquido con la finalidad de vencer las fuerzas de rozamiento del líquido por todos los conductos por donde circula; la energía que requiere la bomba de refrigerante, está dada por la ecuación de Bernoulli, el cual se puede expresar:

$$\frac{P1}{\rho \cdot g} + \frac{V1^2}{2g} + h1 + Eb = \frac{P2}{\rho \cdot g} + \frac{V2^2}{2g} + h2$$

Dónde:

P1: Presión del refrigerante antes del ingreso a la bomba, en Pascal.

ρ : Densidad del refrigerante en kg/m³.

V1: Velocidad del refrigerante antes del ingreso a la bomba en m/s.

h1: Nivel de referencia de la posición del líquido antes del ingreso a la bomba en m.

P2: Presión del refrigerante después de la salida de la bomba, en Pascal.

V2: Velocidad del refrigerante después de la salida de la bomba

h2: Nivel de referencia de la posición del líquido después de la salida de la bomba.

Eb: Energía que aporta la bomba, expresada en metros.

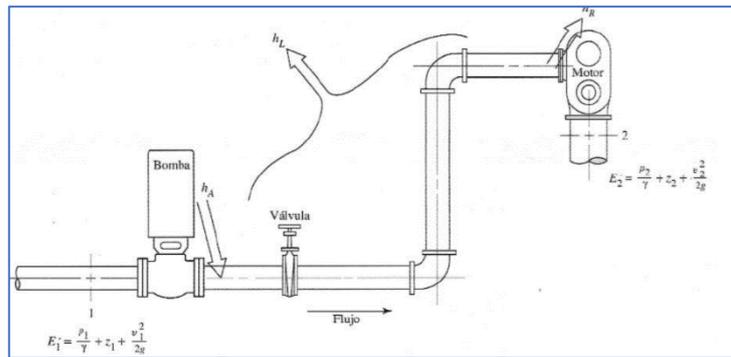


Figura 3. Ecuación de Bernoulli en Bombas de Agua
Fuente: Mecánica de Fluidos Aplicada (L. Mott, 1994).

El caudal del refrigerante que circula por los diferentes conductos en el interior del motor de combustión interna, está en función a la presión con el cual es impulsado por la bomba de refrigerante, así como también por la fricción que tiene el refrigerante en el interior del conducto; ésta pérdida de presión del refrigerante, se expresa con la ecuación de Darcy, es decir:

$$h_f = \frac{f \cdot L \cdot V^2}{2gD}$$

Dónde:

h_f : Pérdida de presión, expresado en metros.

f : Factor de fricción, está en función a la rugosidad de la tubería y la forma del flujo.

V : Velocidad del flujo del refrigerante, expresado en m/s.

D : Diámetro del conducto, expresado en metros.

g : Gravedad.

La determinación del valor de f se determina de dos maneras, utilizando el diagrama de Moody o utilizando la ecuación de Colebrook, el cual se expresa:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[\frac{k}{3,71D} + \frac{2,51}{Re\sqrt{f}} \right]$$

Dónde:

f : Factor de fricción.

k : Rugosidad del conducto de refrigeración.

D : Diámetro del conducto de refrigeración, en metros.

Re : Número de Reynolds.

Con respecto a las variables mecánicas en el movimiento del eje de la bomba de agua, está dada por la ecuación de la potencia mecánica, el cual relaciona el torque mecánico y la velocidad angular del eje.

La potencia mecánica en el eje de la bomba se expresa:

$$P_m = T \cdot \omega$$

Dónde:

P_m : Potencia Mecánica, en Watt

T : Torque mecánico, en N-m.

ω : Velocidad Angular, en rad/s.

La velocidad angular se relaciona con las revoluciones por minuto con el cual gira el eje de la bomba es decir:

$$\omega = \frac{2 \cdot \pi \cdot RPM}{60}$$

El torque mecánico es la relación de la fuerza que ejerce el rodete de la bomba con la resistencia del flujo del refrigerante, ésta fuerza se determina a partir de la ecuación de la cantidad de movimiento, en el cual la fuerza que ejerce la rueda se convierte en cambio de energía cinética en el fluido, desde el ingreso hasta la salida de la bomba. El cambio de energía cinética viene expresado por la Ecuación de Euler, en el cual existen relaciones entre la velocidad del fluido, la velocidad de la rueda y la velocidad relativa del fluido, tanto en la entrada como en la salida. La velocidad del fluido a la salida de la bomba es mayor a la del ingreso, y es modificada por el ángulo de los álabes de la bomba como también por la velocidad tangencial del rodete de la bomba.

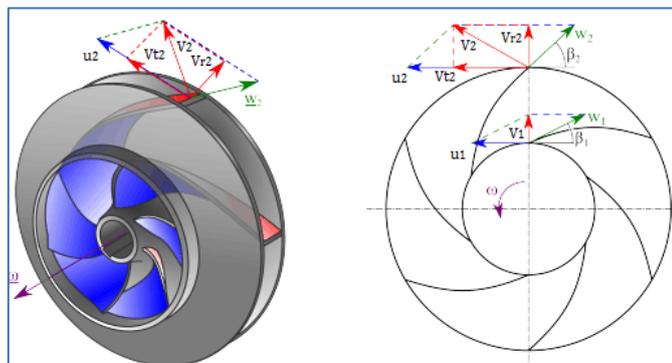


Figura 4. Triángulos de Euler en Bomba Hidraulica.
Fuente: Mecánica de Fluidos.(Encinas, 2017)

Las formas de transferencia de calor entre un fluido en movimiento y el conducto se presenta en forma de radiación, convección y conducción, y está en función a las características que presenta el material, el tipo de flujo, las temperaturas, presiones, velocidades del flujo, entre otros.

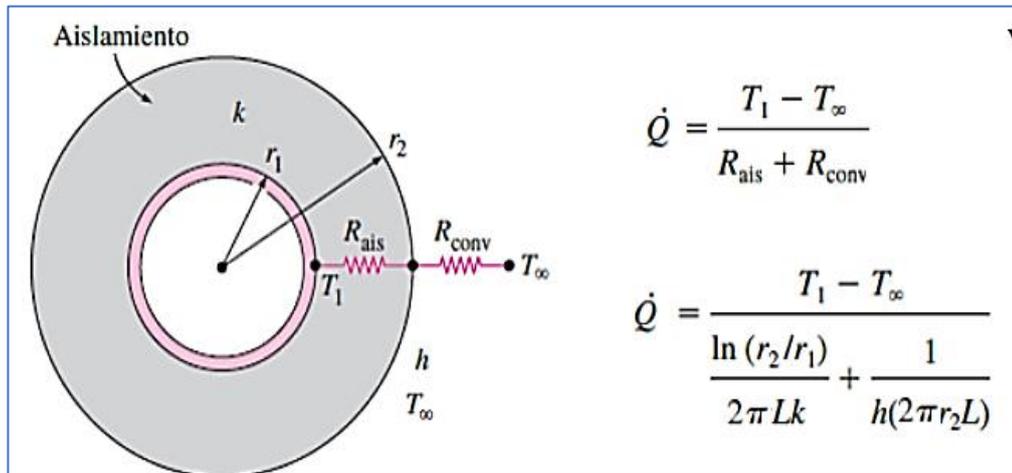


Figura 5. Transferencia de calor por conducción.
Fuente: Mecánica de Fluidos.(Encinas, 2017)

La ley de transferencia de calor o también denominada Ley de Enfriamiento de Newton, establece la ecuación:

$$q_c = \bar{h}_c A (T_s - T_{f,\infty})$$

Donde

\bar{h}_c = conductancia convectiva térmica unitaria o coeficiente de transferencia de calor por convección en el interfase líquido-sólido.

A = área superficial en contacto con el fluido en m^2

T_s = temperatura de la superficie. K

$T_{f,\infty}$ = temperatura de fluido no perturbado lejos de la superficie transmisora de calor

La potencia eléctrica que requiere un motor eléctrico de corriente continua se expresa:

- En un **motor** de c.c. se verifica que

$$V_i = E + R_i I_i + V_{esc}$$

- V_i es la tensión con que se alimenta al circuito del inducido.
- I_i es la corriente del inducido.
- R_i es la resistencia del circuito del inducido (incluye la resistencia del bobinado inducido y de los devanados conectados en serie con el, si los hay).
- V_{esc} es la caída de tensión en un par de escobillas (≈ 2 V).

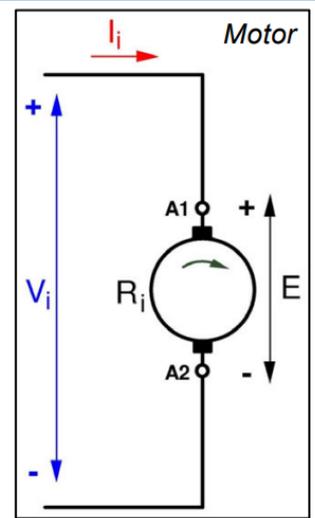


Figura 6. Parámetros de motor de corriente continua.
Fuente: Máquinas Eléctricas. (Chapman, 2012)

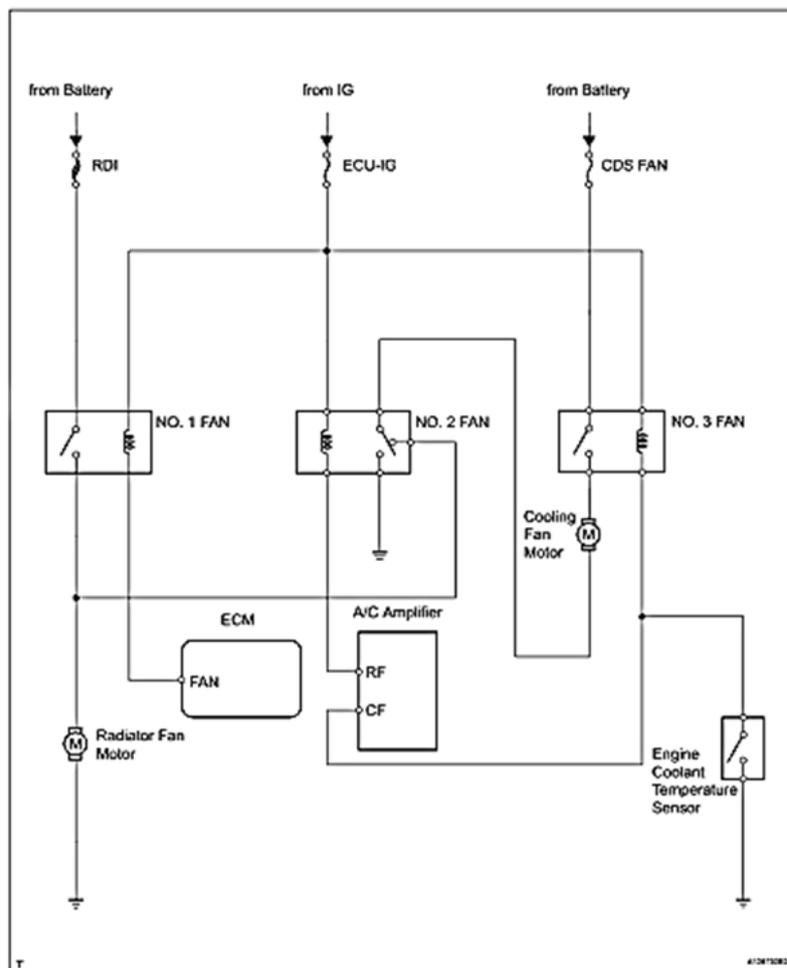


Figura 7. Circuito eléctrico del sistema de refrigeración
Fuente: Manual Toyota Yaris

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de Investigación.

Tipo de investigación: aplicada

Diseño de la investigación: Diseño No experimental.

Se realizó sin manipular deliberadamente las variables (Hernández, y otros, 2014)

3.2. Variables y operacionalización.

Definición conceptual:

Variable independiente: Optimización del Sistema de Refrigeración del Motor Toyota Yaris 1300 cc

Variable dependiente Consumo de combustible

Definición operacional:

En el anexo N° 1 del presente trabajo, se encuentra la matriz de

Operacionalización de variables.

3.3. Población, muestra, muestreo y unidad de análisis

Población: Motores de combustión interna de 1300 cc entre los años de fabricación 2015 a 2019

Criterio: Inclusión. se opta por vehículos con motor de 1300 CC, debido a que son los de mayor utilización para el transporte público de pasajeros utilizados dentro de la Región Lambayeque y que tienen un recorrido superior a los 200 mil km. Los cuales según registro en SUNARP son de 1453 unidades. (Mtc, 2018)

Muestra: 4 vehículos livianos con motor de gasolina de 1300 cc en

Lambayeque, de año de fabricación 2015 al 2019

Cálculo del tamaño de la muestra

$$n = \frac{Z^2(N)(p)(q)}{Z^2(p)(q) + e^2(N - 1)}$$

n = tamaño de la muestra

N = Población (1453)

p = 98% (0.98)

q = Proporción máxima que afecta a la muestra 2% (0.02)

Z = 1.28 al cuadrado (si la seguridad es del 80%) (Nivel de confianza)

e = Margen de error de muestra (0.09)

Remplazando en mi fórmula para hallar el tamaño de mi muestra:

$$n = \frac{1.28^2(1453)(0.98)(0.02)}{1.28^2(0.98)(0.02) + (0.09)^2(1453 - 1)}$$

$$n = 3.96$$

$$n = 4$$

Muestreo: El muestreo fue intencionado, ya que no se aplicó ninguna técnica estadística. Se seleccionó 1 unidad vehicular por año de fabricación, comprendido dentro de la población de estudio (2015 al 2019)

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos: Para esta investigación, se utilizaron las siguientes técnicas realizadas en campo:

a.) Observación

Se observó la operación del motor, como es el tiempo de inyección, temperatura, rpm, gases de escape y consumo específico de combustible para determinar el estado en que se encuentra.

b.) Análisis Documentario

- Manual del taller del motor.
- Datos técnicos del motor

Instrumentos de recolección de datos: Es muy importante la toma de datos, en diferentes tiempos para analizar el motor, para esta investigación se utilizarán los siguientes instrumentos, para hacer más sencillo el acopio de datos:

a.) Guía de observación

- Se toma nota de las mediciones de los componentes y equipos que conforman el motor.

b.) Ficha de registro

- Ficha técnica de los equipos del motor.
- Consumo de combustible del motor.

Validez y confiabilidad:

a.) Validez: La presente propuesta en esta investigación es revisada por especialistas, para lo que concierne a la interpretación correcta y cuidado exhaustivo del proceso metodológico de los resultados que se obtienen en el estudio se uso la escala de Likert.

b.) Confiabilidad: Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes. Es decir, en que su aplicación repetida al mismo sujeto u objeto produce resultados iguales.

Tabla 1. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD
Observación	Guía de observación	Se observó el funcionamiento y operación del motor, y se registró los parámetros reales de operación.
Análisis documentario	Ficha de Registro	Se analizó el registro documentario del motor, el histórico de consumo de combustible, generación de caudal y manteniendo.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Procedimientos.

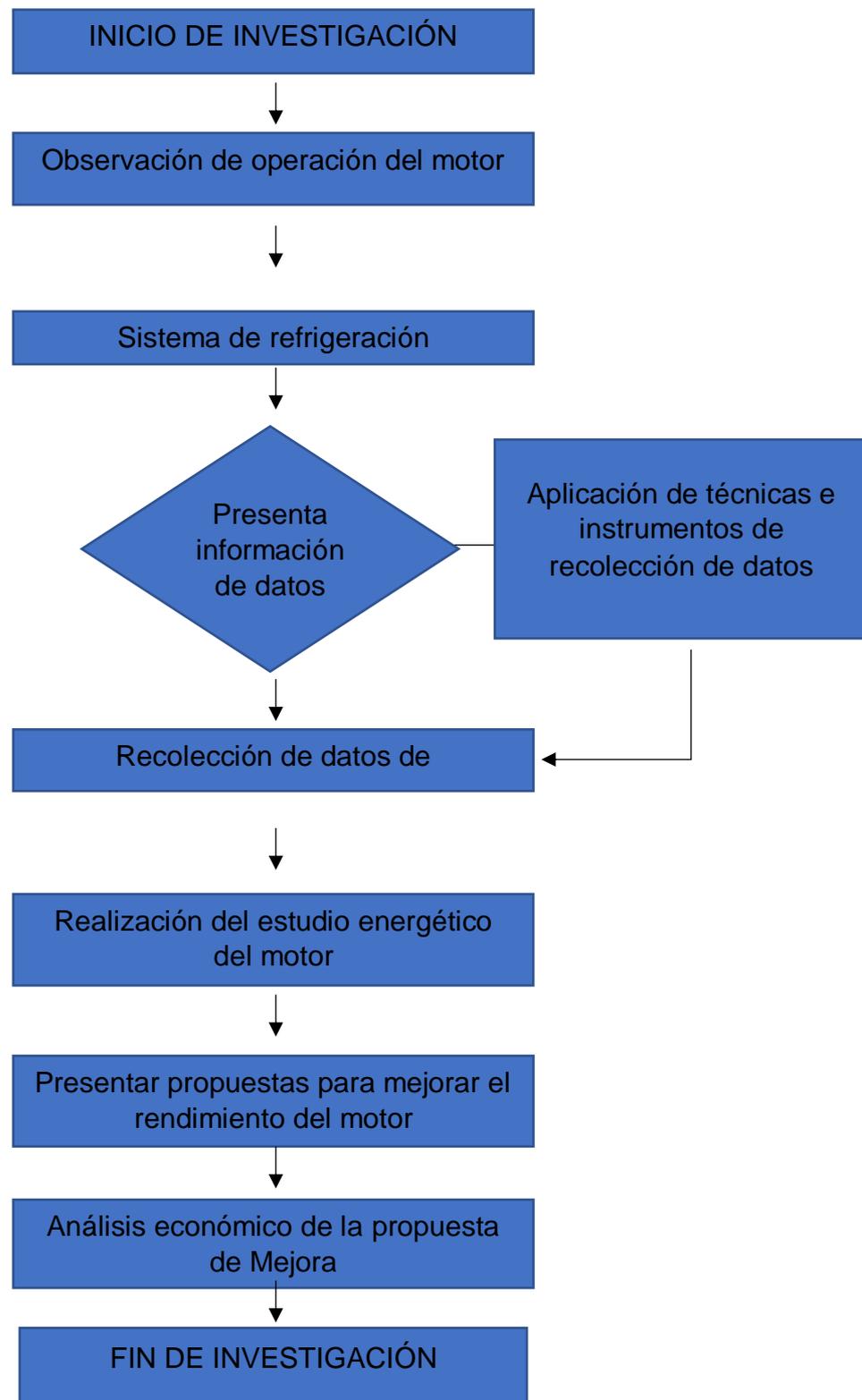


Figura 8. Diseño de ejecución para desarrollo de la investigación.
Fuente: Elaboración propia.

3.6. Método de análisis de datos.

- Se tomó mediciones del motor, y se registraron en la hoja de datos, los valores de: presión de trabajo, temperatura del agua, temperatura de los gases de salida en el tubo de escape, temperatura ambiental.
- Se recopiló información del mantenimiento sobre el histórico de reparaciones del motor y el tiempo perdido que estas generaron.
- Se tomaron nota del consumo de combustible.
- Se aplicará estadística a los datos obtenidos para el estudio energético.
- Se calculará el rendimiento actual del motor, y su aporte al sistema de refrigeración.
- Se presentará mejoras para aumentar el rendimiento del motor, y el sistema de refrigeración.
- Se determinará el beneficio útil de las mejoras, mediante indicadores económicos, los cuales evaluarán el ahorro del combustible.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación el autor muestra resultados certeros y confiables, por lo que considera el respeto a la propiedad intelectual. Honestidad y la protección de la identidad de aquellos que aportaron y participaron en esta investigación.

IV. RESULTADOS

4.1. Se diagnosticó la situación actual del funcionamiento del sistema de accionamiento mecánico y su incidencia en el consumo de combustible

4.1.1. Situación operacional del motor.

Se han determinado cuatro vehículos de prueba, y se describe los datos de operación en la tabla, algunos datos son tomados dentro de los parámetros de diseño, y serán calculados posteriormente.

Los vehículos seleccionados son Toyota modelo Yaris de los años 2015 al 2019 de 1300 cc de cilindrada, utilizando como combustible gasolina de 90 octanos

Tabla 2. Vehículos de prueba

Vehículos de prueba	Marca: Toyota Modelo: Yaris						
	Año	Placa	Motor	Kilometraje (km)	cilindrada (cm ³)	Torque (kgm/rpm)	Potencia (kW/rpm)
vehículo 01	2015	M3P-437	1NR-FE	199741	1329	12.5/4200	73.00@6000
vehículo 02	2016	M4D-030	1NR-FE	36904	1329	12.5/4201	73.00@6000
vehículo 03	2016	M4F-432	1NR-FE	14756	1329	12.5/4202	73.00@6000
vehículo 04	2019	M4Y-266	1NR-FE	46967	1329	12.5/4203	73.00@6000

Fuente: Elaboracion propia

Las mediciones que se tomaron fueron:

- Tiempo de inyección
- Temperatura
- Rpm
- Monóxido de carbono (CO)
- Dióxido de carbono (CO + CO₂)
- Hidrocarburos (HC)

Para los procedimientos de toma de lectura a los instrumentos de medición, se establece una serie de pasos.

Procesos para la prueba de medición en el scanner (tiempo de inyección, temperatura y rpm).

- Identificar los terminales positivos y negativos de cada uno de los inyectores.
- Medir la resistencia de la bobina del inyector.
- Instalar el osciloscopio automotriz, el conector positivo del osciloscopio al terminal negativo de la bobina del inyector, y el conector negativo del osciloscopio a masa del motor.
- Dar arranque al vehículo.
- Configurar al osciloscopio, para la determinación del tiempo de inyección.
- Medir el tiempo de inyección a velocidades de ralentí, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 RPM.
- Apagar el vehículo.



Figura 9. Scanner Gscan2
Fuente Elaboración propia

Tabla 3. Vehículo de prueba 01

Ralentí		1000		1500		2000		2500		3000	
Tiempo de Inyección (ms)	Temperatura (°C)										
2.35	89	2.32	89	2.25	89	2.15	89	2.14	89	2.08	89
2.26	90	2.36	90	2.26	90	2.12	90	2.13	90	2.11	90
2.25	91	2.33	91	2.19	91	2.13	91	2.1	91	2.09	91
2.19	92	2.34	92	2.17	92	2.14	92	2.11	92	2.07	92
2.22	93	2.29	93	2.18	93	2.11	93	2.09	93	2.04	93
2.24	94	2.28	94	2.14	94	2.09	94	2.06	94	2.01	94
2.45	95	2.39	95	2.25	95	2.31	95	2.25	95	2.19	95
2.73	96	2.59	96	2.64	96	2.41	96	2.34	96	2.25	96

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Vehículo de prueba 02

Ralentí		1000		1500		2000		2500		3000	
Tiempo de Inyección (ms)	Temperatura (°C)										
2.42	88	2.37	88	2.29	88	2.17	88	1.94	88	1.79	88
2.52	89	2.41	89	2.25	89	2.12	89	1.9	89	1.83	89
2.39	90	2.34	90	2.14	90	2.18	90	1.88	90	1.76	90
2.43	91	2.39	91	2.27	91	2.16	91	1.92	91	1.88	91
2.48	92	2.32	92	2.15	92	2.11	92	1.78	92	1.72	92
2.31	93	2.28	93	2.21	93	1.87	93	1.89	93	1.69	93
2.42	94	2.31	94	2.24	94	2.12	94	1.93	94	1.71	94
2.62	95	2.59	95	2.58	95	2.56	95	2.54	95	2.45	95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Vehículo de prueba 03

Ralentí		1000		1500		2000		2500		3000	
Tiempo de Inyección (ms)	Temperatura (°C)										
2.43	88	2.39	88	2.29	88	2.11	88	1.97	88	1.87	88
2.38	89	2.41	89	2.31	89	2.16	89	2.12	89	1.76	89
2.35	90	2.33	90	2.15	90	2.19	90	1.78	90	1.92	90
2.41	91	2.39	91	2.21	91	2.23	91	1.83	91	1.74	91
2.47	92	2.34	92	2.18	92	2.13	92	1.62	92	1.71	92
2.43	93	2.22	93	2.07	93	1.98	93	1.76	93	1.58	93
2.51	94	2.35	94	2.16	94	2.17	94	2.19	94	1.98	94
2.78	95	2.69	95	2.62	95	2.61	95	2.59	95	2.43	95

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Vehículo de prueba 04

Ralentí		1000		1500		2000		2500		3000	
Tiempo de Inyección (ms)	Temperatura (°C)										
2.39	88	2.35	88	2.25	88	2.15	88	1.92	88	1.88	88
2.41	89	2.36	89	2.26	89	2.12	89	1.9	89	1.9	89
2.4	90	2.33	90	2.19	90	2.13	90	1.89	90	1.77	90
2.38	91	2.34	91	2.17	91	2.14	91	1.88	91	1.8	91
2.4	92	2.22	92	2.09	92	2.11	92	1.9	92	1.76	92
2.38	93	2.2	93	2.05	93	1.9	93	1.88	93	1.7	93
2.6	94	2.39	94	2.25	94	2.31	94	2.45	94	2.42	94
2.7	95	2.61	95	2.58	95	2.58	95	2.55	95	2.46	95

Fuente: Elaboración propia.

Para determinar el consumo de combustible se utilizó el método de consumo por recorrido

Es un indicador que expresa el rendimiento de kilómetros recorridos por cada galón de combustible utilizado, y se expresa $CEr = \text{km/Galón}$. (Numige, 2018), además el consumo de combustible se expresa en l/100km

Metodología:

- Llenar el tanque de combustible
- Colocar a cero el medidor de kilometraje
- Realizar su recorrido diario
- Revisar el kilometraje recorrido
- Llenar nuevamente el tanque de combustible
- Revisar la cantidad que ingresa de combustible al tanque.



Figura 10. Kilometraje a cero
Fuente: Elaboracion propia



Figura 11. Primer recorrido
Fuente: Elaboracion propia



Figura 12. Surtidor de gasolina
Fuente: Elaboracion propia

Tabla 7. Parámetros de medición vehículo 01

	Kilometraje	Consumo de combustible (Galones)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo de combustible (l/100 km)
DIA 1	199741	4.523	190.50	8.987
DIA 2	199931.5	4.733	205.20	8.730
DIA 3	200136.7	5.342	235.80	8.575
DIA 4	200372.5	5.114	215.32	8.990
total		19.712	846.82	8.811

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8. Parámetros de medición vehículo 02

	Kilometraje	Consumo de combustible (Galones)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo de combustible (l/100 km)
DIA 1	36904	2.783	120.4	8.749
DIA 2	37024.4	3.034	135.2	8.494
DIA 3	37159.6	2.882	124.1	8.790
DIA 4	37283.7	2.372	102.7	8.742
total		11.071	482.4	8.687

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 9. Parámetros de medición vehículo 03

	Kilometraje	Consumo de combustible (Galones)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo de combustible (l/100 km)
DIA 1	14756	3.043	134.3	8.576
DIA 2	14890.3	2.723	117.3	8.786
DIA 3	15007.6	2.941	125.9	8.842
DIA 4	15133.5	2.618	113.6	8.723
total		11.325	491.1	8.728

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Parámetros de medición vehículo 04

	Kilometraje	Consumo de combustible (Galones)	Kilómetros recorridos en Prueba (Km)	Consumo de combustible (l/100 km)
DIA 1	46967	2.259	99.7	8.576
DIA 2	47066.7	2.182	96.4	8.567
DIA 3	47163.1	2.271	97.3	8.834
DIA 4	47260.4	3.035	135	8.509
total		9.747	428.4	8.612

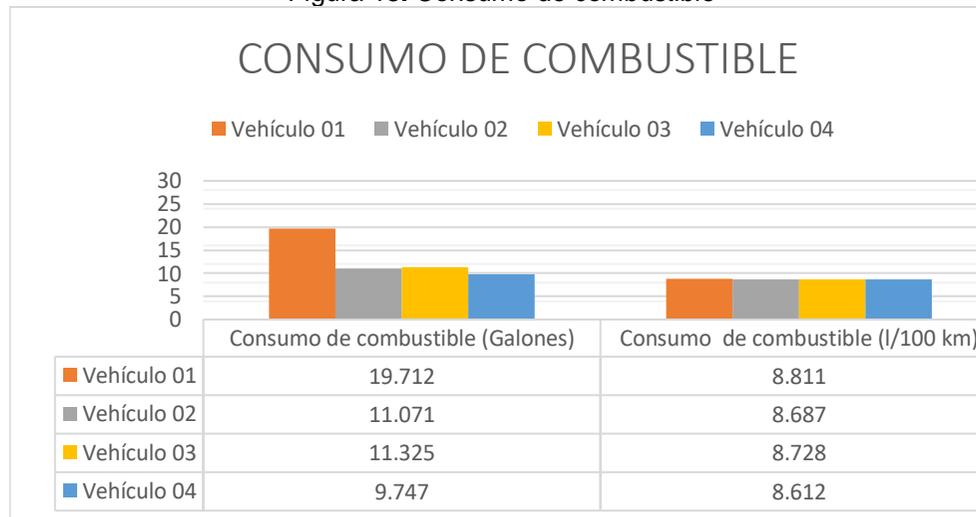
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11. Parámetros de medición

Vehículo de Prueba	PARÁMETROS DE MEDICIÓN				
	Kilometraje	Consumo de combustible (Galones)	Tiempo de Inyección (milisegundos)	Kilómetros recorridos en Prueba (km)	Consumo de combustible (l/100 km)
Vehículo 01	199741	19.712	2.23313	846.82	8.811
Vehículo 02	36904	11.071	2.17979	482.40	8.687
Vehículo 03	14756	11.325	2.19375	491.10	8.728
Vehículo 04	46967	9.747	2.20417	428.40	8.612

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Consumo de combustible



Fuente: Elaboración propia

Procesos para la prueba de medición en el analizador de gases (CO, CO + CO₂ y HC)

Para realizar esta prueba el motor debe estar a temperatura de funcionamiento

- Colocar la sonda del analizador de gases, en el tubo de escape.
- Reemplazar la varilla de medir el aceite por el sensor de temperatura de equipo.
- Colocar el sensor imantado de medir rpm a la parte metálica del motor.
- Dar arranque el vehículo.
- Configurar el analizador de gases, para la determinación del CO, CO + CO₂ y HC.
- Realizar las mediciones a velocidades de ralentí, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 RPM.
- Apagar el vehículo.

Evaluar los parámetros de acuerdo a norma (MINAM, 2017)



Figura 14. Analizador de gases Pierburg instruments
Fuente: Elaboracion propia

Tabla 12. Análisis de gases vehículo 01

RPM	CO (%)	CO + CO2 (%)	HC (PPM)
Ralentí	0.18	16.21	24
1000	0.12	15.23	35
1500	0.31	14.89	26
2000	0.25	16.12	30
2500	0.07	16.25	15
3000	0.08	15.24	23

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13. Análisis de gases vehículo 02

RPM	CO (%)	CO + CO2 (%)	HC (PPM)
Ralentí	0.1	12.81	65
1000	0.3	12.72	50
1500	0.21	12.52	48
2000	0.18	13.45	59
2500	0.15	13.25	62
3000	0.12	14.5	40

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14. Análisis de gases vehículo 03

RPM	CO (%)	CO + CO2 (%)	HC (PPM)
Ralentí	0.01	14.61	8
1000	0.02	14.82	12
1500	0.01	15.23	10
2000	0.02	14.85	21
2500	0.01	14.91	5
3000	0.01	15.01	7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Análisis de gases vehículo 04

RPM	CO (%)	CO + CO ₂ (%)	HC (PPM)
Ralentí	0.02	15.5	20
1000	0.13	14.8	17
1500	0.01	15.2	13
2000	0.01	16.2	18
2500	0.02	16	20
3000	0.01	16	16

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que el rendimiento de combustible es 43 km/Gal, es decir un consumo de combustible de 8.8 l/100km. Las pruebas se realizaron en la zona urbana, su tiempo de inyección promedio es de 2.2027 milisegundos, la emisión de gases es:

Tabla 16. Emisión de gases de escape promedio 4 vehículos

RPM	CO (%)	CO + CO ₂ (%)	HC (PPM)
Ralentí	0.078	14.783	29.25
1000	0.143	14.393	28.50
1500	0.135	14.460	24.25
2000	0.115	15.155	32.00
2500	0.063	15.103	25.50
3000	0.055	15.188	21.50

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Se determinó los parámetros térmicos, mecánicos, hidráulicos, eléctricos y de control en la operación de la bomba del refrigerante, a diferentes condiciones de funcionamiento.

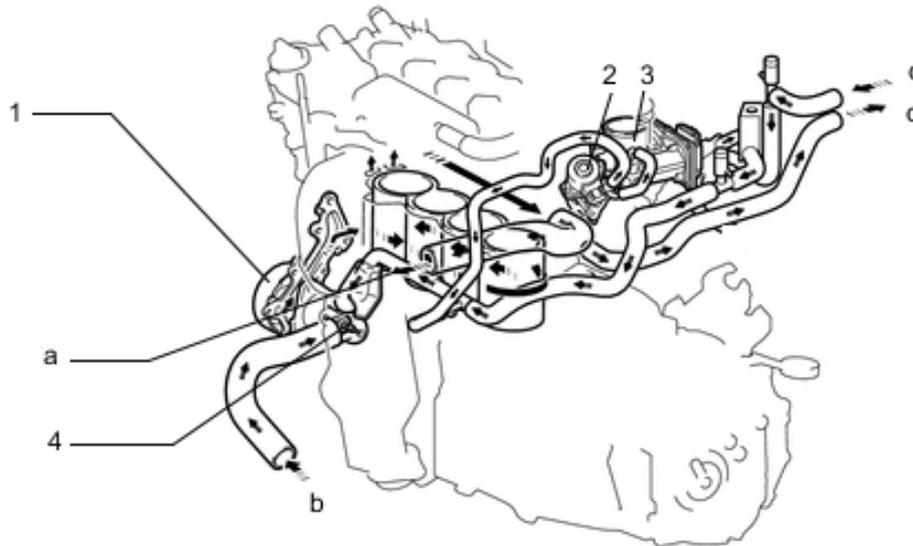


Figura 15. Sistema de refrigeración motor 1NR

Fuente: Motores Toyota NR (Toyota-Club.Net, 2019)

1 - bomba de agua, 2 - válvula de EGR, 3 - cuerpo de mariposa, 4 - termostato. a - al radiador, b - desde el radiador, c - desde el radiador del calefactor, d - al radiador del

- Cargas hidráulicas

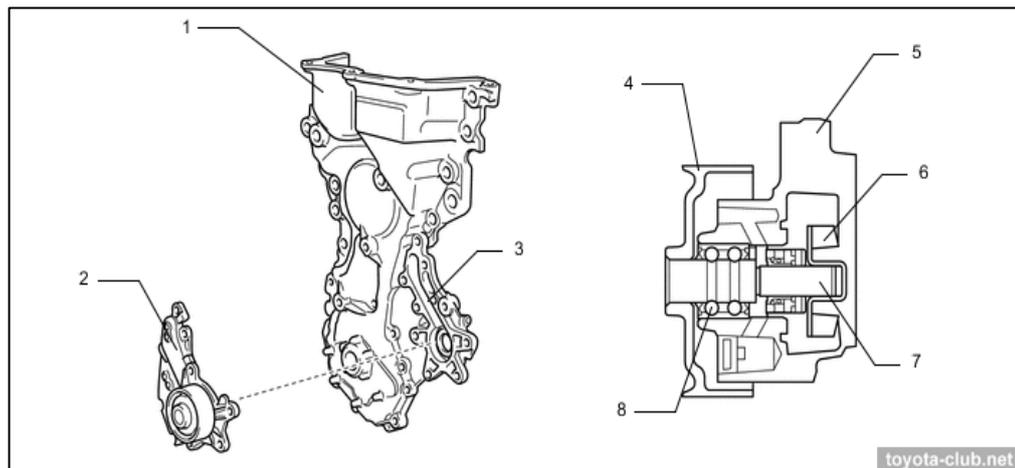


Figura 16. Bomba de agua motor 1NR

Fuente: Motores Toyota NR (Toyota-Club.Net, 2019)

1 - cubierta de cadena, 2 - bomba de agua, 3 - cámara de voluta, 4 - polea de bomba, 5 - cuerpo de bomba, 6 - rotor, 7 - eje, 8 - cojinete

▪ **Cálculo de la potencia hidráulica de la bomba de agua**

$$Ph = \gamma * Q * H$$

Donde:

Ph = potencia hidráulica (W)

γ = peso específico (N/m³)

Q = caudal (m³/s)

H = altura (m)

Cálculo del peso específico

$$\gamma = \rho * g$$

Donde:

γ = peso específico(N/m³)

ρ = densidad (kg/m³)

g = gravedad (m/s²)

Reemplazando valores tenemos:

$$\gamma = 1112.13kg/m^3 * 9.81m/s^2$$

$$\gamma = 10909.9953N/m^3$$

Cálculo del caudal

$$Q = V * A$$

Donde:

Q = caudal (m³/s)

V = velocidad absoluta (m/s)

A = Área lateral del rodete de la bomba (m)

Reemplazando valores tenemos:

$$Q = (47\%Vt * A)$$

$$Q = (47\%(w * r) * A)$$

$$Q = \left(\left(47\% \frac{2\pi Rpm}{60} \right) * 0.022m \right) * (\pi * D * e)$$

$$Q = \left(\left(47\% \frac{2(3.1416)(6174)}{60s} \right) * 0.022m \right) * (3.1416 * 0.044m * 0.0015m)$$

$$Q = (47\%14.2239m/s) * (0.0002073m^2)$$

$$Q = (6.6852m/s) * (0.0003455m^2)$$

$$Q = 0.001386m^3/s$$

$$Q = 1.386 \text{ l/s}$$

Cálculo de la altura total

$$H = h_{st} + \varepsilon_{hp} + h_i$$

Donde:

H = altura de bombeo (m)

h_{st} = altura estática de bombeo (m)

ε_{hp} = pérdidas de carga por fricción (m)

h_i = pérdidas por accesorios (m)

Para calcular las pérdidas de carga por fricción se utilizará la ecuación de Darcy que es una ecuación empírica.

Reemplazando valores tenemos:

$$\varepsilon_{hp} = \frac{f \cdot l \cdot v^2}{2gd}$$

Donde:

ε_{hp} = pérdidas de carga por fricción (m)

f = factor de fricción

l = longitud (m)

v = velocidad (m/s)

g = gravedad (m/s²)

d = diámetro de tubería (m)

El factor de fricción se calcula con la ecuación de Colebrook - White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3.71} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right)$$

Donde f está en función de:

f : Factor de fricción.

Re : Número de Reynolds. (Adimensional)

ε_r : Rugosidad relativa = ε/D (adimensional)

Por ser muy compleja para resolver la ecuación de fricción se utilizó de la web la calculadora de Colebrook - White, para ello se tuvo que calcular la rugosidad relativa y el número de Reynolds.

Rugosidad relativa:

$$\varepsilon_r = \frac{\varepsilon}{D}$$

Donde:

ε_r : Rugosidad relativa

ε : Rugosidad de tubería (aluminio). (mm)

D : Diámetro de la tubería (mm)

$$\varepsilon_r = \frac{0.015\text{mm}}{16\text{mm}}$$

$$\varepsilon_r = 0.000937$$

La viscosidad dinámica del refrigerante a 25°C, es 0.017195 Pascal por segundo (Pa.s), y la densidad de 1112.13 kg/m³ (Guasch)

Número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho * v * D}{\mu}$$

Donde:

Re : Número de Reynolds

ρ : Densidad del refrigerante (kg/m³)

v : Velocidad (m/s)

D : Diámetro (m)

μ : Viscosidad dinámica del refrigerante etelinglicol (Pa.s)

$$Re = \frac{1112.13\text{kg} / \text{m}^3 * 6.6852\text{m/s} * 0.016\text{m}}{0.017195\text{Pa. s}}$$

$$Re = \frac{1112.13\text{kg} / \text{m}^3 * 6.6852\text{m/s} * 0.016\text{m}}{0.017195\text{Pa. s}}$$

$$Re = 6918.1148$$

A partir de 2300 Reynolds el flujo es inestable, se considera flujo turbulento. (Shames, 1995 Pg. 318).

Colebrook-White Equation Calculator

Home / Science / Civil,Mechanical engineering

Calculates the root of Colebrook-White Equation using Simple and TRUE method.

Colebrook-White Equation

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log\left(\frac{Rr}{3.7} + \frac{2.51}{Rn\sqrt{f}}\right)$$

Rr : relative roughness
Rn : Reynolds Number

Loops

f

Left

Right

Figura 17. Calculadora colebrook
 Fuente: (Casio Computer co, 2022)

Se determinó que el factor de fricción (f) es 0.0353, otra forma para determinar el factor de fricción es con el diagrama de Moody.

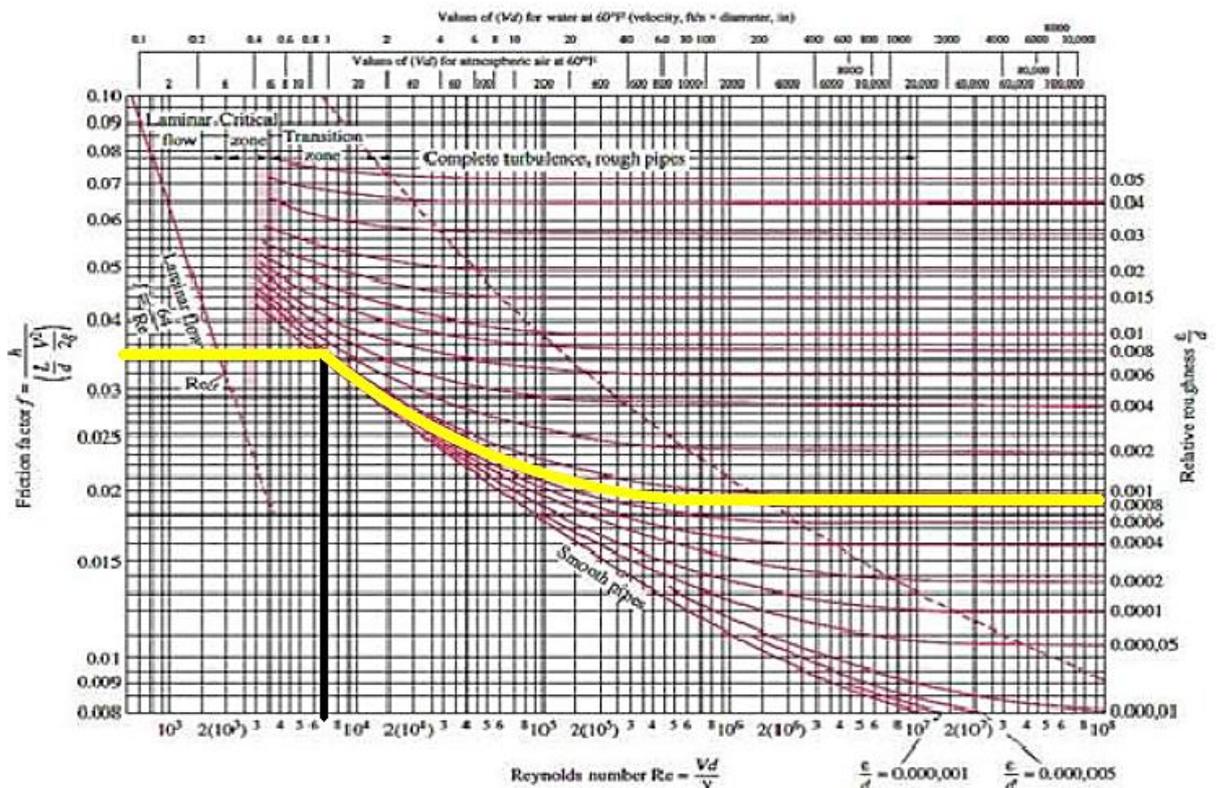


Figura 18. Diagrama de Moody
 Fuente: (Shames, 1995)

Entonces la pérdida por carga de fricción se determina:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{hp} &= \frac{f.l.v^2}{2gd} \\ \varepsilon_{hp} &= \frac{0.0353 * 5.1260m. \left(\frac{6.6852m}{s}\right)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2} * 0.031m} \\ \varepsilon_{hp} &= \frac{8.0869m^3/s^2}{0.60822} \\ \varepsilon_{hp} &= 13.296m \end{aligned}$$

Las pérdidas por accesorios o pérdidas menores, se determina por la suma de pérdidas en los diferentes puntos de circuito de refrigeración, y se emplea la siguiente fórmula:

$$h_i = k_i \frac{v^2}{2g}$$

Donde:

h_i = pérdidas por accesorios (m)

k_i = Coeficientes de accesorios (tabla)

v = velocidad (m/s)

g = gravedad (m/s²)

- Dos codos de 90°, con coeficiente de fricción 0.40

$$\begin{aligned} h_i &= 0.40 \frac{\left(\frac{6.6852m}{s}\right)^2}{2 * \frac{9.81m}{s^2}} \\ h_i &= 0.40 \frac{44.6919m^2}{\frac{19.62m}{s^2}} \\ h_i &= 0.40 * 2.2778m \\ h_i &= 0.911m \end{aligned}$$

- Dos codos de 45°, con coeficiente de fricción 0.20

$$\begin{aligned} h_i &= 2(0.20 \frac{(6.6852m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2}) \\ h_i &= 2(0.20 \frac{44.6919m^2/s^2}{19.62m/s^2}) \end{aligned}$$

$$h_i = 2(0.20 * 2.2778m)$$

$$h_i = 2(0.4556m)$$

$$h_i = 0.9112m$$

- Una reducción, con coeficiente de fricción 0.35

$$h_i = 0.35 \frac{(6.6852m/s)^2}{2 * 9.81m/s^2}$$

$$h_i = 0.35 \frac{44.6919m^2/s^2}{19.62m/s^2}$$

$$h_i = 0.35 * 2.2778m$$

$$h_i = 0.79723m$$

Total de pérdidas por accesorios es (h_i) = 2.61953m

Entonces la altura total:

$$H = h_{st} + \varepsilon_{hp} + h_i$$

$$H = 0.43m + 13.2960m + 2.61953m$$

$$H = 16.3455m$$

Teniendo todos los valores podemos calcular la potencia hidráulica:

$$Ph = \gamma * Q * H$$

$$Ph = 10909.9953 N/m^3 * 0.001386 m^3/s * 16.3455m$$

$$Ph = 247.1644W$$

- Cargas mecánicas

Cálculo de la potencia mecánica de la bomba de agua

$$Pm = \frac{Ph}{\eta m}$$

Donde:

Pm = potencia mecánica (W)

Ph = potencia hidráulica (W)

ηm = eficiencia mecánica

Reemplazando valores tenemos:

$$Pm = \frac{247.1644W}{0.9}$$

$$P_m = 274.627W$$

Para encontrar el torque de la bomba de agua

$$P = T * W$$

Dónde:

P : Potencia Mecánica, en Watt.

T : Torque en Nm

W : Velocidad angular (m/s)

Despejando tenemos:

$$274.627W = T * \frac{2\pi Rpm}{60}$$

$$274.627W = T * \frac{2(3.1416)(2940)}{60s}$$

$$274.627W = T * 307.88s$$

$$T = \frac{274.627W}{307.88s}$$

$$T = 0.892Nm$$

Para encontrar la fuerza de la bomba de agua

$$T = f * r$$

Dónde:

T : Torque (N-m)

f : Fuerza (N)

r : Radio (m)

Despejando tenemos:

$$f = \frac{T}{r}$$

$$f = \frac{0.892Nm}{0.0475m}$$

$$f = 18.78N$$

La bomba de agua mecánica consume un torque del motor de 0.892Nm y una fuerza de 18.78N

- Cargas térmicas

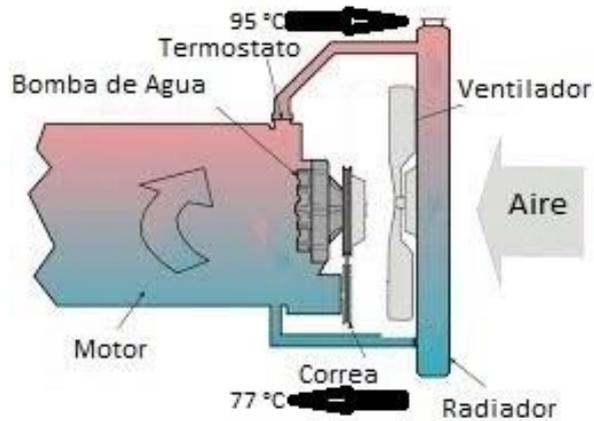


Figura 19. Sistema de enfriamiento
Fuente: sitio web (Brummer)

El calor que absorbe el líquido refrigerante está dado por la expresión:

$$\dot{Q} = \dot{m} * c_e * \Delta T$$

Dónde:

\dot{Q} : Flujo de Calor que absorbe el agua de refrigeración, en Joule.

\dot{m} : Flujo másico de refrigerante (kg/s)

c_p : Calor específico del etilenglicol según (Guasch): 2.4086 KJ/kg·K

El calor específico es la cantidad de calor que hay que aplicar a una unidad de masa, para aumentar su temperatura en un grado.

ΔT : Variación de Temperatura

La variación de temperatura es (95°C-77°C) =368.15°K – 350.15°K = 18°K

Para calcular el flujo másico se determina:

$$\dot{m} = \frac{m}{t}$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico (kg/s)

$m = \text{masa} = \rho * v$ (densidad por volumen)

$t = \text{Tiempo (s)}$

Reemplazando:

$$\dot{m} = \frac{\rho * v}{t}$$

Reemplazando:

$$\dot{m} = \rho * Q$$

Donde:

$\rho = \text{densidad (kg/m}^3\text{)}$

$Q = \text{caudal (m}^3\text{/s)}$

$$\dot{m} = 1112.13 \text{kg/m}^3 * 0.001386 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 1112.13 \text{kg/m}^3 * 0.001386 \text{m}^3/\text{s}$$

$$\dot{m} = 1.5414 \text{kg/s}$$

Reemplazando valores, se tiene el flujo de calor:

$$\dot{Q} = 1.5414 \text{kg/s} * 2.4086 \text{kJ/kg} \cdot \text{K} * 18 \text{K}$$

$$\dot{Q} = 66.827 \text{kJ/s}$$

$$\dot{Q} = 66.827 \text{kW}$$

La cantidad de calor que cede el refrigerante hacia el exterior es de 66.827 kW

La bomba de agua mecánica, que actualmente utiliza el vehículo tiene las siguientes características:

Tabla 17. Características de la bomba de agua mecánica

Potencia hidráulica (W)	Potencia mecánica (W)	Flujo de calor (kW)	Torque (Nm)	Fuerza (N)
247.1644	274.627	66.827	0.892	18.78

Fuente: elaboración propia

• Dimensionamiento de la electrobomba

Cálculo del motor eléctrico de la bomba:

$$P_b = \frac{P_b}{m_e} = \frac{274.627W}{0,9} = 305.14W$$

Cálculo de la corriente del motor eléctrico de la bomba:

$$I = \frac{p}{v} = \frac{305.14W}{12,6V} = 24.22A$$

V = 12.6 voltios, voltaje de la batería

Cálculo del cableado del sistema eléctrico de la bomba de agua de accionamiento eléctrico:

Para el circuito del control se utiliza un relé tipo NC que utiliza la señal del termostato, que activara al circuito de potencia cuando alcance una temperatura de 77°C, para hacer funcionar la bomba de agua de accionamiento eléctrico. A través del scanner Gscan2 se pudo determinar que el accionamiento del ventilador del sistema de refrigeración se realiza cuando el motor llega a la temperatura de 95 °C y se desactiva a los 89 °C.

Para el cálculo del conductor del sistema eléctrico de corriente continua, del circuito de potencia debemos conocer la caída de tensión y la capacidad de corriente.

Fórmula para líneas monofásicas:

$$S = \frac{C * \rho * L}{u} * I$$

S= sección del conductor (mm²)

C= línea monofásica (2)

ρ= resistividad eléctrica Cu (0.0176Ω-mm²/m)

L= longitud del cable 5m x 2= 10m

I= Intensidad (A)

U= Caída de tensión 1% (v)

$$S = \frac{2 * 0.0176\Omega - \text{mm}^2/\text{m} * 10\text{m}}{1.26V} * 24.22A$$

S =6.766mm²

La sección del cable es de 6.766mm² para 2 conductores, entonces dividimos entre dos, nos da como resultado una sección de 3.383mm², por conductor; según tabla de capacidad de corriente le corresponde el siguiente tipo de cable: GPT 12 AWG.



Figura 20. Bomba de agua Eléctrica marca Custar
Fuente: sitio web (Wenzhou eléctrico Oustar Industry Co.)

Tabla 18. Especificaciones técnicas de la bomba de agua eléctrica

El tema	Especificaciones
Dimensiones y peso	23.5*18*18cm, 2.5kg/PCS
Material de la bomba	Aluminio, ABS, PES/SPS/PPS/PA66+30%GF (acrilonitrilo butadieno estireno, polietersulfona, Syndiotactic Polystyrene)
Temperatura de trabajo	-40°C - 135°C
Consumo de energía	300W
Tensión nominal	12Vcc
El rango de tensión de trabajo	5VCC ~ 16Vcc
Corriente de carga máx.	25A
Tasa de flujo máx.	9000L/H
Max levantamiento	16M
Clase de ruido	< 40 dB
Clase resistente al agua	Protección IP67
Expectativa de vida	> 30.000hrs, 7años aprox.
Función	- De pequeño tamaño, con una alta eficiencia, libre de mantenimiento. - Totalmente resistente al polvo y al agua 1m/30 min (IP67).

Fuente: sitio web (Wenzhou eléctrico Oustar Industry Co.)

Bomba de agua eléctrica



Figura 21. Ubicación de la bomba de agua eléctrica
Fuente: Elaboración propia

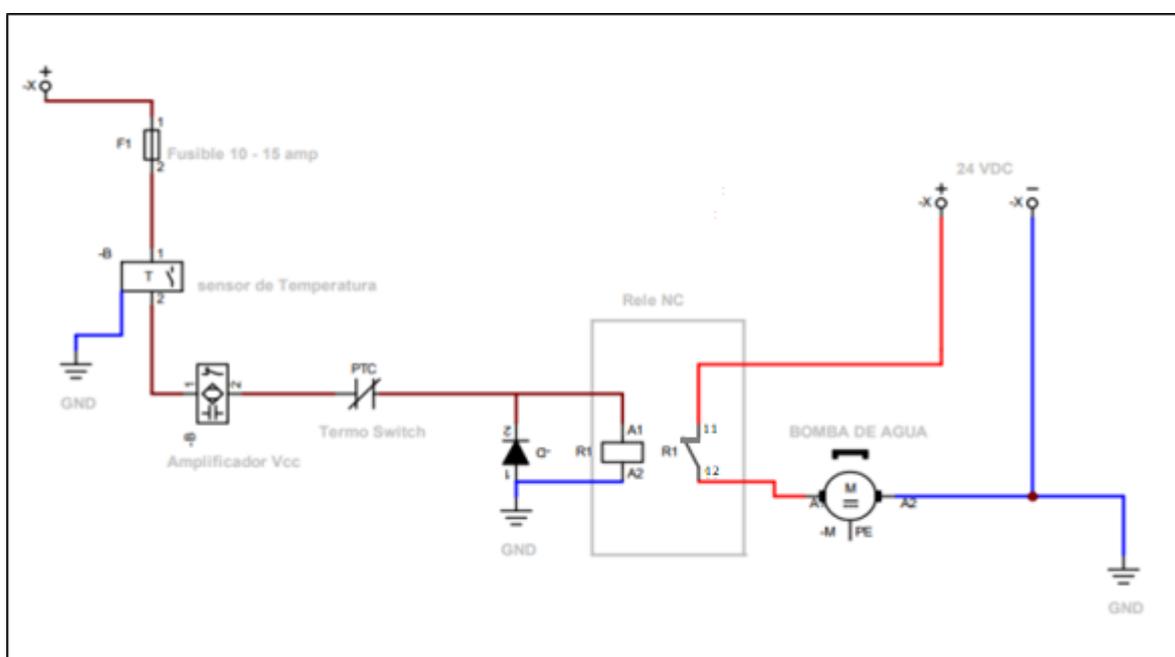


Figura 22. Circuito eléctrico de la bomba de agua de accionamiento eléctrico
Fuente: software CADe SIMU

4.3. Determinar la reducción del consumo de combustible, al sustituir la bomba mecánica a bomba eléctrica del sistema de refrigeración.

El motor Toyota Yaris posee un torque de 122.59 Nm a 4200 rpm y una potencia de 73.00 kW a 6000 rpm.

El motor cede a la bomba de agua mecánica, un torque de 0.892 Nm a todo regimen del motor, las revoluciones de trabajo del motor es entre 1500 a 2500 rpm, considerando la curva del torque, el motor trabaja a 90 Nm. Para determinar el porcentaje de torque que se libera el motor, se determina:

$$X\% = \frac{0.892\text{Nm}}{90\text{Nm}} * 100\%$$
$$X\% = 1\%$$

El consumo del vehículo es de 8.8 l/100km, sustituyendo la bomba de agua de accionamiento mecánico, por una bomba de agua de accionamiento eléctrico, el motor se libera en 1% del consumo del torque.

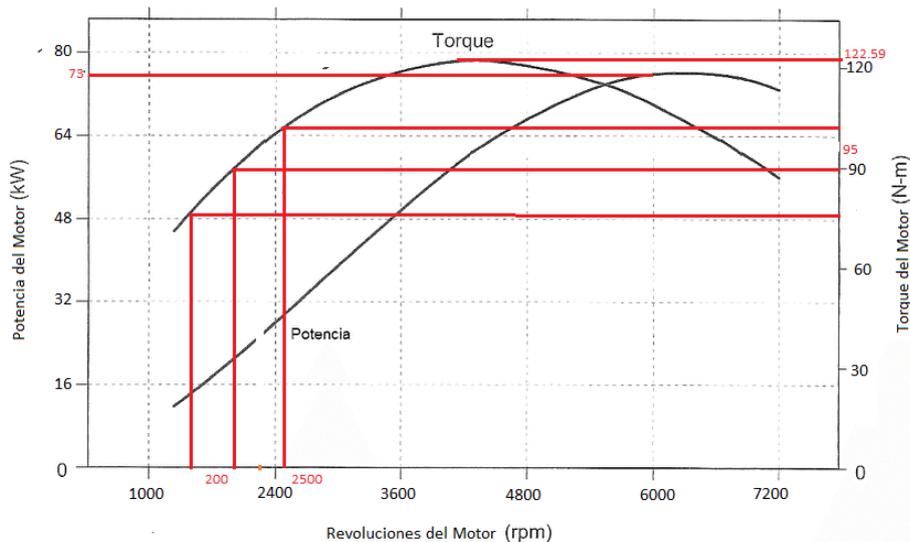


Figura 23. Curva de torque y potencia
Fuente: Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada

Con la implementación de la bomba de agua de accionamiento eléctrico se elimina la transmisión mecánica del giro del motor, hacia la bomba de agua, su accionamiento se realiza eléctricamente en los momentos que el motor necesita ser refrigerado.

Con la implementación de la bomba de agua de accionamiento eléctrico su rendimiento será:

$$C = 43 + \frac{43}{100}$$

$$C = 43 + 0.43$$

$$C = 43.43 \text{ km/galón}$$

El sistema con la bomba de accionamiento mecánico a un rango de 2000 rpm consume un 1 % del total de combustible, es decir 0.43 km/Gal, su tiempo de apertura del inyector disminuye de 2.2027 milisegundos a 2.181 milisegundos, con lo que consigue un consumo de combustible de 8.7 l/100km.

4.4. Evaluar económicamente utilizando indicadores económicos, tales como Valor actual neto y tasa interna de retorno

4.4.1 Inversión del Proyecto.

Tabla 19. Inversión inicial

N°	Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario S/	Precio Total S/.
1	Bomba de agua eléctrica	Unidad	1	330	330
2	Cable eléctrico GPT 12 AWG	Metro	10	3	30
3	Líquido refrigerante	Galón	1	60	60
4	Relé NC	Unidad	1	20	20
5	Termoswitch tipo NC	Unidad	1	40	40
6	Manguera de agua	Unidad	2	15	30
7	Base para la bomba	Unidad	1	30	30
8	Abrazadera	Unidad	2	5	10
9	Pernos de sujeción	Unidad	4	2	8
10	Mano de Obra	Unidad	1	150	150
	Total				708

Fuente: Guía de observación

4.4.2 Ingresos del Proyecto.

Con la implementación del proyecto se obtiene un 1% de ahorro de combustible, el vehículo rinde en zona urbana 43Km/Gal, los vehículos de servicio público recorren al día en dos turnos un promedio de 500 km/día, al mes tenemos 15000 km de recorrido, el precio de combustible es de S/ 22.39/Gal, teniendo un ahorro mensual de S/77.47.

4.4.3 Flujo de caja.

Tabla 20. Flujo de caja

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Inversión Inicial S/.	708												
Ingresos		77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47
Utilidad S/.		77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47	77.47

Fuente: hoja de cálculo Microsoft Excel

4.4.3 Valor Actual Neto

Son los ingresos y egresos que se obtienen mensualmente, llevándolas al inicio del proyecto, con una tasa de interés del sector privado de 3.5% mensual.

Utilidad actualizada al tiempo 0:

$$Ia = \frac{In * (1 + i)^n - 1}{[i * (1 + i)^n]}$$

Dónde:

Ia: Utilidad al inicio del proyecto.

Ia: Utilidad Mensual (Ingresos – Egresos):

i: Tasa de Interés: 3.5% Mensual

n: Número de Meses: 12

Inversión Inicial: S/. 708

Ingresos por ahorro de combustible. S/. 77.47 por mes

Para realizar el cálculo se utilizó el comando VNA, del Software Microsoft Excel

Tabla 21. Valor Actual Neto

MES	INGRESOS (S/)
1	77.47
2	77.47
3	77.47
4	77.47
5	77.47
6	77.47
7	77.47
8	77.47
9	77.47
10	77.47
11	77.47
12	77.47
	S/ 748.62
	708
VAN	S/ 40.62

Fuente: hoja de cálculo Microsoft Excel

El valor actual neto es = S/. 40.62

4.4.3 Tasa Interna de Retorno

Es la rentabilidad que genera el proyecto, con respecto a la inversión inicial.

$$Inv = \frac{Ia * (1 + TIR)^n - 1}{[TIR * (1 + TIR)^n]}$$

Dónde:

Inv. Inversión Inicial S/. 708

la: Utilidades Mensuales

TIR: Tasa Interna de Retorno.

n; Número de meses: 12

Para realizar el cálculo también utilizamos el Software Microsoft Excel, con el comando TIR.

Tabla 22. Tasa Interna de Retorno

MES	INGRESOS (S/)
INVERSION	-708
1	77.47
2	77.47
3	77.47
4	77.47
5	77.47
6	77.47
7	77.47
8	77.47
9	77.47
10	77.47
11	77.47
12	77.47
TIR	4%

Fuente: hoja de cálculo Microsoft Excel

Tenemos un VAN es de 40.62 y el TIR de 4%, lo que se muestra que la rentabilidad en el primer año es de un 4%, el promedio de vida del sistema que se ha implementado es de aproximadamente 7 años y no necesita mantenimiento.

4.5. Evaluar Ambientalmente determinando la disminución del CO₂ al medio ambiente.

La disminución del CO₂ al medio ambiente se reduce directamente con la disminución de uso del combustible, un galón de gasolina de 95 octanos produce 2.38kg CO₂/litro. (Catalunya, 2011)

- Cálculo de las emisiones de CO₂ con bomba de agua mecánica

Emisiones de CO₂ = 348.84 gal (3.975 l x 2,38 kgCO₂/l)

Emisiones de CO₂ = 348.84 gal (9.46kgCO₂)

Emisiones de CO₂ = 3300.0264 kg de CO₂

- Cálculo de las emisiones de CO₂ con bomba de agua eléctrica.

Emisiones de CO₂ = 345.38 gal (3.975 l x 2,38 kgCO₂/l)

Emisiones de CO₂ = 345.38 gal (9.46kgCO₂)

Emisiones de CO₂ = 3267.2948 kg de CO₂

Con la bomba de agua mecánica produce 3300.0264 kg de CO₂ al mes, con la bomba de agua eléctrica produce 3267.2948 kg de CO₂ al mes, es decir hay una disminución de 32.7316 kg de CO₂, reduciendo un 1% de emisiones de CO₂ al medio ambiente.

V. DISCUSIÓN

Los sistemas automotrices se encuentran constantemente sufriendo cambios, y la tendencia es utilizar la corriente eléctrica para poder controlarlos, y solamente trabajen cuando es requerido, además de tener un ahorro de energía del motor, podemos disminuir los costos del consumo de combustible y los mantenimientos.

El uso de una bomba eléctrica en el sistema de refrigeración, optimiza la transferencia de calor, para una buena combustión y así mismo la disminución del CO₂, es lo que buscan las grandes industrias automotrices, para reducir el cambio climático, además de tener un caudal independiente, se reduce las pérdidas de fricción y aumenta la eficiencia.

Se diagnosticó la situación actual del funcionamiento del sistema de accionamiento mecánico y su incidencia en el consumo de combustible, se seleccionó cuatro vehículos, de la marca Toyota ,modelo Yaris, con motor 1NR- FE, uno del año 2015, dos del año 2016 y uno del año 2019, se realizaron pruebas de inyección de combustible con un scanner automotriz, a diferentes revoluciones en: ralentí, 1000,1500, 2000, 2500 y 3000 rpm teniendo como resultados el promedio de 2.2027 milisegundos, también se tomaron medidas de emisión de gases de escape, en una conocida planta de revisiones técnicas de Chiclayo, en: ralentí, 1000,1500, 2000, 2500 y 3000 rpm, resultando valores promedio en ralentí, el CO₂ es de 0.0525%, el CO+ CO₂ es 14.7825% y el HC es de 29.25ppm, y a 2250 rpm, el CO₂ es de 0.102%, el CO+ CO₂ es 14.8595% y el HC es de 26.35ppm.

El consumo de combustible, se determinó utilizando el método de consumo por recorrido, que consiste en llenar el tanque de combustible, colocar a cero el medidor del kilometraje, al término del recorrido diario se revisa el kilometraje y se vuelve a llenar el tanque de combustible, se toma nota de la cantidad de combustible que ingresa, la toma de mediciones se realizaron en los vehículos circulando en la zona urbana, durante cuatro días consecutivos, teniendo un promedio de 8.8 l/100km, que es superior a las especificaciones técnicas donde nos indica que el vehículo nuevo, presenta un consumo de combustible en zona urbana de 6,4 l/100km. (Toyota, 2016).

Los valores obtenidos en las cuatro muestras son parecidos lo que podríamos indicar que no hay diferencias marcadas entre uno y otro vehículo, y se podría haber realizado el estudio en un solo vehículo, obteniendo los mismos resultados.

Las cargas hidráulicas que presenta la bomba con accionamiento mecánico nos sirvieron como base para el dimensionamiento de la bomba con accionamiento eléctrico, se utilizaron ecuaciones científicas y empíricas como es la ecuación de Darcy, para calcular el factor de fricción, por ser muy compleja, se utilizó de la web la calculadora de Colebrook, también se puede usar el diagrama de Moody, el número de Reynolds es 6918.1148 y se considera de flujo turbulento por superar los 2300 Reynolds, para medir la longitud del circuito de refrigeración se utilizó el software AutoCAD, llegando a determinar que la bomba de agua con accionamiento mecánica trabaja con una potencia hidráulica de 247.1644 watt. Y una altura de flujo de 16.345m. Su potencia mecánica, resulta de la potencia hidráulica entre la eficiencia, resultando una potencia mecánica de 274.627 watt, con un torque de 0.892 Nm y una fuerza de 18.78 N, que es cedido por el motor a través del cigüeñal.

El refrigerante del sistema de refrigeración está compuesto por etilenglicol en una proporción del 100%, llegando a ceder hacia el exterior el flujo de calor en 66.827 KW. El ventilador eléctrico trabaja a un rango entre 95°C – 89°C, la bomba de agua de accionamiento eléctrico empieza a funcionar a los 77°C, que es la temperatura que ingresa el refrigerante al radiador, es decir ingresa al radiador a 95°C y sale del radiador a 77°C, teniendo una diferencia de 18°C. Estos valores han sido tomados sin el ventilador eléctrico funcionando.

Para el dimensionamiento de la bomba agua de accionamiento eléctrica se tomó en cuenta la potencia mecánica de la Bomba entre la alta eficiencia llegando a 305.141 watt, la corriente que circula en el circuito de accionamiento de la bomba es de 24.22 A. se utilizó la fórmula de corriente continua. La bomba de agua de accionamiento eléctrica que se seleccionó es de procedencia china, marca Custar, el material del cuerpo es de aluminio, trabaja entre -40°C a 135°C, con un consumo de energía de 300W, una corriente de 25A, su tasa de flujo es de 9000L/H y una altura máx. De 16m, cuenta con protección IP67, donde el número 6 se califica al máximo nivel de resistencia al polvo y el número 7 es la resistencia que tiene al ser sumergido al agua a un metro de profundidad durante 30 minutos.

Todos los valores obtenidos para el dimensionamiento de la bomba de agua de accionamiento eléctrico, han sido calculados para el máximo trabajo que pueda realizar el motor.

El motor 1NR-FE posee un torque máximo de 122.59 a 4200 rpm, y cede a la bomba de agua de accionamiento mecánico 0.892Nm, el regimen promedio del trabajo del motor es a 90 Nm a 2000 rpm, con la implementacion de la bomba de agua de accionamiento eléctrico se libera del 1% del torque.

Al reducir su carga, el motor incrementa su redindimiento, en un 1%, es decir de 43Km/Gal a 43.43Km/Gal, o tambien de 8.8 l/100 km a 8.7 l/100km, esto se ve reflejado en el ahorro mensual que se obtiene llegando a reducir S/77.47. y de manera directa tambien disminuye la emision de 32.7316 Kg de CO₂ al medio ambiente.

A diferencia de la tesis de (Cabezas, 2018) “Análisis comparativo entre los sistemas de dirección hidráulica y eléctrica para determinar el consumo de combustible en un vehículo de 1300cc” su ahorro de combustible llega a 9.7%, su rendimiento se base en que el motor electrico trabaja solo cuando se realiza algun giro en la direccion.

No estoy de acuerdo con (Qqenta, 2017) En su trabajo de investigación: “Análisis termodinámico del sistema de refrigeración y efectos en el rendimiento del motor sy1033dfh4 utilizando agua natural y refrigerante vistony en la empresa antares arquitectos s.r.l. en la ciudad de cusco”, donde obtiene como resultado que el agua natural, extrae más calor que el refrigerante vistony 50/50, hay normas internacionales que todo refrigerante deben cumplir, antes de ser comercializados, donde se demuestra su eficiencia.

(Herrera, 2020) En su trabajo de grado denominado: “Diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna”, logra una reducción del combustible entre 2% y el 7,5%, y una reduccion de emisiones de CO₂ hasta 60%, estos resultados tienen más eficiencia que los obtenidos, debido que las mediciones se realizaron en un banco de pruebas, logrando medir las prestaciones del motor y conocer sus características de funcionamiento.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó la potencia que trabaja la bomba de agua con accionamiento mecánica es de 274.627 W
- Se determinó que el sistema trabaja con un flujo másico 66.827 kW que es la cantidad de calor que sede el refrigerante hacia el exterior.
- Se seleccionó la bomba de agua de accionamiento eléctrica teniendo una potencia de 300 w con una corriente de 25 A y un caudal de 9000 l/h.
- Se determinó que el vehículo con la bomba de agua de accionamiento mecánico, su rendimiento de combustible en la ciudad es de 43 km/Gal, con la bomba de agua de accionamiento eléctrico rinde 43.43 km/Gal, es decir un consumo de combustible de 8.7 l/100km. realizando el análisis comparativo se obtuvo que con la bomba de agua eléctrica tiene un ahorro de combustible de 1% y una disminución de 32.7316 kg de CO₂ al medio ambiente por cada vehículo.
- Se realizó un balance económico donde tenemos un VAN de 40.62 y el TIR de 4%, lo que se muestra que la rentabilidad en el primer año es de un 4%, el promedio de vida del sistema que se ha implementado es de aproximadamente 7 años y es libre de mantenimiento.

VII. RECOMENDACIONES

- Antes de poner en funcionamiento el nuevo sistema de refrigeración se debe revisar, el nivel del líquido refrigerante, las abrazaderas de sujeción de las mangueras, el estado de la tapa del radiador, el funcionamiento del ventilador eléctrico así como la bomba eléctrica y el sonido que estos emitan, y realizar pruebas para garantizar el rendimiento y el trabajo correcto.
- Implementar un sistema electrónico, al sistema de refrigeración del motor, que funcione con el sistema de control electrónico del vehículo (ECU), que actualmente cuentan todos los vehículos modernos, teniendo indicadores de fallas que puedan ser detectados a través del scanner automotriz.
- Realizar un estudio termodinámico de los diferentes componentes del sistema de refrigeración, y determinar la transferencia de calor que proporciona el ventilador eléctrico, el radiador así como el termostato, que son los elementos principales que mantienen con una correcta temperatura de trabajo al motor y de manera segura.
- Utilizar materiales y repuestos de calidad, para disminuir las fallas e incrementar el tiempo del funcionamiento del sistema de refrigeración,
- Realizar nuevos estudios si se va a utilizar el motor, como combustible el gas licuado de petróleo (GLP), o el gas natural vehicular (GNV), que son actualmente los más utilizados por el transporte público, además del tipo de refrigerante con las diferentes concentraciones que en el mercado exista.

REFERENCIAS

Adrino Cebrian, Juan Antonio. 2016. Mecanica y Entretenimiento Simple del automovil. 2016, pág. 142.

BMC SAC, Importaciones & Exportaciones. 2021. Catalago Toyota Yaris 2019. [En línea] 2021. <https://bmcmotors.com.pe/modelos/Toyota-Yaris-2019/#>.

Brummer, cooling systems. como trabaja el sistema de enfriamiento. [En línea] <http://www.brummer.com.mx/BoletinPDF/SIS.ENFRIAMIENTO.pdf>.

Bubocar. 2016. Bubocar, si va al taller es porque quieres. Bubocar, si va al taller es porque quieres. [En línea] 15 de 11 de 2016. [Citado el: 18 de 2 de 2022.] <https://www.bubocar.com/curiosidades/calefaccion-coche-no-calienta/>.

Cabezas, Aguirre Roberto Baltazar. 2018. Analisis comparativo entre los sistemas de direccion hidraulica y electrica para determinar el consumo de combustible en un vehiculo en un vehiculo de 1300cc. Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, universidad Cesar Vallejo. Chiclayo : s.n., 2018. pág. 79.

Casio Computer co, LTD. 2022. keisan online calculator. [En línea] 2022. <https://keisan.casio.com/exec/system/1380521258>.

Catalunya, Generalitat de. 2011. Guía Práctica para el Cálculo de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero. [En línea] 2011. <https://www.caib.es/sacmicrofront/archivopub.do?ctrl=MCRST234ZI97531&id=97531>.

Chapman, Stephen J. 2012. Maquinas Electricas. [trad.] Sergio Sarmiento Ortega. Quinta Edicion. s.l. : McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2012. pág. 521. 978-607-15-0724-2.

DGEE, Dirección General de Eficiencia Energética. 2018. Guía de Orientación del Uso Eficiente de Sector Transporte. [En línea] 18 de Enero de 2018. https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGEE/eficiencia%20energetica/publicaciones/guias/8_%20guia%20sector%20transporte%20DGEE-1.pdf.

Guasch. Características del líquido de refrigeración. [En línea] chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcgclclefindmkaj/https://www.e-guasch.com/onlinedocs/catalogue/apnotes/AN090903_c.pdf.

Hernández, Sampieri Roberto, Fernández, Collado Carlos y Baptista, Lucio María del Pilar. 2014. Metodología de la Investigación. sexta edición. s.l. : McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V., 2014. pág. 102. 978-1-4562-2396-0.

Herrera, Atehortúa Andrés Felipe. 2020. diseño de un sistema de refrigeración para un motor de combustión interna. Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad de Antioquia. Medellín : s.n., 2020. pág. 94.

L. Mott, Robert. 1994. Mecanica de Fluidos Aplicada . [trad.] Carlos Roberto Cordero. cuarta edición. s.l. : Prentice Hall Hispanoamericano, S.A., 1994. 968-880-542-4.

MINAM, Decreto Supremo N° 010-2017. 2017. Establecen Límites Máximos Permisibles de emisiones atmosféricas para vehículos automotores. El Peruano. Normas Legales, 30 de Noviembre de 2017, págs. 11-16.

MINEM, Ministerio de Energia y Minas. 2017. Guía de Orientación del Uso Eficiente de la Energia y de Diagnostico Energetico. Lima, Peru : s.n., 2017. pág. 78. Direccion General de Eficiencia Energetica.

Mtc, Ministerio de transportes y Comunicaciones. 2011. Decreto Supremo 033-2011-MTC. [ed.]. Diario oficial El Peruano. 2011, pág. 19. Artículo 5.

Mtc, Ministerio de transportes y Comunicaciones. 2018. Decreto Supremo 019-2018-MTC. [ed.] Diario oficial El Peruano. 2018, pág. 2. Artículo 25.

Numige, olivier. 2018. Evaluación y comparación de métodos de medición consumo de combustible para laboratorio y ruta en un vehículo liviano. Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Tecnológica De Pereira. Pereira : s.n., 2018. Trabajo de Grado.

Osinergmin. 2017. La industria de la energía renovable en el Perú:. Lima : Grafica Biblios S.A, 2017. 978-612-47350-2-8.

Quenta, Churata Ever Jonatan. 2017. Análisis termodinámico del sistema de refrigeración y efectos en el rendimiento del motor sy1033dfh4 utilizando agua natural y refrigerante vistony en la empresa antares arquitectos s.r.l. en la ciudad de Cuzco. Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad del Altiplano. Puno : s.n., 2017. pág. 93.

Rojas, Moron Lusverly Luis. 2019. Diseño de un sistema de refrigeración por absorción para abastecer de energía al sistema de aire acondicionado en vehículos ligeros, 2019. Departamento de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Universidad Cesar Vallejo. Chiclayo : s.n., 2019. pág. 82.

Shames, Irving H. Mecanica de Fluidos. [trad.] Juan G. Saldarriaga. Tercera edición. Santa Fe de Bogotá : McGRAW-HILL TENTERAMERICANA, S. A. pág. 847. 958-600-246-2.

Shames, Irving H. 1995. Mecanica de fluidos. Tercera edicion. SantafedeBogota : McGRAW-HILL TENTERAMERICANA, S. A, 1995. pág. 332. 0.07-056387-X.

Toyota. 2016. Catalogo Toyota Yaris 2016. [En línea] 2016. https://www.grupocompostela.com/Archivos/Descargas/Catalogos-Catlogo_Toyota_Yaris_2016_t3620-14582041946.pdf

Toyota. 2018. Ficha tecnica de Toyota Yaris 2018. [En línea] 2018. <http://expomotor.pe/wp-content/uploads/2018/05/Ficha-T%C3%A9cnica-Yaris-Sed%C3%A1n.pdf>.

Toyota-Club.Net. 2019. Motores Yoyota serie NR. [En línea] 2019. https://Toyota-club.net/files/faq/13-01-01_faq_nr-engine_es.htm#2NR-FKE.

Wenzhou eléctrico Oustar Industry Co., Ltd. Made In China. [En línea] https://es.made-in-china.com/co_oustar2021/product_Electric-Coolant-Pump-Car-Cooling-Pump-Auto-Engine-Spare-Parts-Electric-Water-Pump-for-BMW-Engine-N55-OEM-11517632426-11517888885_uosygiisug.html.

Zhang, Yunfan.2018. Optimization and control of a dual-loop EGR system in a modern diesel engine.
Degree: dph, College of Engineering & Physical Sciences, 2018, University of Birmingham

URL: <http://etheses.bham.ac.uk//id/eprint/8598/>

Ayyalasomayajula, Swarna Manjari. 2018. Analysis of the South Korean Procedure for the Fuel Consumption and CO₂ Emissions from Heavy Duty Vehicles. Sensitivity Analysis of the Fuel Consumption Deviation in Transient Cycles over Steady State Conditions.

Degree: Machine Design (Dept.), 2018, KTH

URL: <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-249230>

Waters, Stephanie. 2021. Redesigning a compressor inlet guide vane for 0 to 60 degree stagger angles.

Degree: Mechanical and Industrial Engineering (T&D), 2021, Ryerson University

URL: <http://hdl.handle.net/10.32920/ryerson.14656098.v1>

East, Sebastian.2020. Optimal energy management in electric vehicles: convex optimization for model predictive control.

Degree: PhD, 2020, University of Oxford

URL: <http://ora.ox.ac.uk/objects/uuid:62952a80-bd8b-44e4-9c85-ddeaa279d5fb>;
<https://ethos.bl.uk/OrderDetails.do?uin=uk.bl.ethos.826398>

Chatzopoulou, Maria Anna.2018. Optimisation of high-efficiency combined heat and power systems for distributed generation.

Degree: PhD, 2018, Imperial College London

URL: <http://hdl.handle.net/10044/1/75556>

Le-Corre, Sam. 2019. Multi-objective optimization and analysis of nonlinear dynamic systems using genetic algorithms.

Degree: PhD, 2019, Loughborough University

URL:<https://doi.org/10.26174/thesis.lboro.11950050.v1>

Turesson, Gabriel. 2018. Model-Based Optimization of Combustion-Engine Control.

Degree: 2018, University of Lund

URL: <https://lup.lub.lu.se/record/aad1e914-8d86-4dc4-a4f8-f3083d54bfd8>

Saldh, Jan. 2018. Analyzing the effects variable injection and exhaust valve timing have on a two-stroke diesel engine.

Degree: Chalmers University of Technology / Department of Mechanics and Maritime Sciences, 2018, Chalmers University of Technology

URL: <http://hdl.handle.net/20.500.12380/256025>

Saad, Syed Mohammad.2020. Experimental and Numerical Investigations on the Transient Performance of a Turbocharged Diesel Engine.

Degree: 2020, University of Huddersfield

URL:<http://eprints.hud.ac.uk/id/eprint/35423/1/FINAL%20THESIS%20-Saad%2C%20S%20M.pdf>

Zulkifli, Abd Fathul Hakim.2019. Diesel-cng dual fuel combustion characterization using vibro-acoustic analysis and response surface methodology.

Degree: phd, Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan Pembuatan, 2019, Universiti Tun Hussein Onn Malaysia

URL: <http://eprints.uthm.edu.my/10/>

Filippou, Sotirios.2018. Virtual sensor for air mass flow measurement in an SI engine: application of distributed lumped modelling in prediction of air mass flow into the cylinder of SI combustion engines.

Degree: PhD, 2018, University of Bradford

URL: <http://hdl.handle.net/10454/17450>

Paananen, Teemu. 2021 Fast Fourier Transform Power Consumption Optimization

Degree: 2021, Tampere University

URL: <https://trepo.tuni.fi/handle/10024/131382>

Ramunno, Michael Angelo. 2020. Control Optimization of Turboshift Engines for a Turbo-electric Distributed Propulsion Aircraft.

Degree: MS, Mechanical Engineering, 2020, The Ohio State University

URL: http://rave.ohiolink.edu/etdc/view?acc_num=osu1587657623577243

May, Ian Alexander.2018. An experimental investigation of lean-burn dual-fuel combustion in a heavy duty diesel engine.

Degree: PhD, 2018, Brunel University

URL: <http://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/16398>

Lombardi, Anthony.2021. Mitigation of cylinder distortion in aluminum alloy engine blocks via heat treatment process optimization.

Degree: Mechanical and Industrial Engineering (T&D), 2021, Ryerson University

URL: <http://hdl.handle.net/10.32920/ryerson.14644455.v1>

Westling, Joel.2018. Effects and Models of Water Injection in an SI Engine.

Degree: Vehicular Systems, 2018, Linköping University

URL:<http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-148952>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de las variables.

Definición operacional:

Matriz de operacionalización de las variables.

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>Optimización del Sistema de Refrigeración del Motor Toyota Yaris 1300cc</p>	<p>La Optimización del Sistema de Refrigeración, es la eficiencia en donde se da forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y parámetros de funcionamiento a fin de impulsar el refrigerante, teniendo a la energía eléctrica en el accionamiento de la bomba.</p>	<p>Determinar las relaciones de las variables mecánicas, y eléctricas en el intercambio de energía con el refrigerante que es impulsado por la electrobomba.</p>	<p>Mecánicas. Eléctricas. Hidráulicas Térmicas</p>	<p>Torque RPM Tensión. Intensidad de Corriente Eléctrica. Caudal. Presión Calor</p>	<p>N-m RPM Voltios Ampere Litros/segundos kPa kJ</p>
<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Consumo de combustible</p>	<p>Es la cantidad de combustible que requiere el vehículo, para convertir la energía calorífica en energía mecánica</p>	<p>Se mide por la relación de kilómetros recorridos y galones utilizados, también denominado consumo específico de combustible</p>	<p>Bomba Mecánica Bomba Eléctrica</p>	<p>Consumo específico de combustible.</p>	<p>l/100km</p>

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2. Vehículos de pruebas

VEHICULO 01



VEHICULO 02



VEHICULO 03



VEHICULO 04



Anexo 3. Fichas de validación de instrumento de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Chapón, Rimachi Luis Fernando
- 1.2. Cargo e institución donde labora: Supervisor en C.I.T.V. CITENOR S.A.C
- 1.3. Grado académico: Bachiller en Ciencias Ingeniería Mecánica Eléctrica
- 1.4. Instrumento a validar: Ficha de observación

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

En la siguiente tabla marque con una "X" debajo de SI o NO conforme considere la respuesta.

ITEMS	SI	NO	SUGERENCIAS
1. Las mediciones persiguen fines del objetivo general.	X		
2. Las mediciones persiguen los fines del objetivo específico.	X		
3. Las mediciones abarcan variables e indicadores.	X		
4. Los ítems permiten medir el problema de la investigación.	X		
5. Los términos utilizados son claros y comprensibles.	X		
6. El grado de dificultad o complejidad es aceptable.	X		
7. Los ítems permiten contrastar la hipótesis de la investigación.	X		
8. Los procedimientos siguen un orden lógico.	X		
9. Se deben considerar otros ítems.		X	
10. Los ítems despiertan ambigüedad en el encuestado.	X		

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el cuadro asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="checkbox"/>	0 - 3
Observado <input type="checkbox"/>	4 - 7
Aprobado <input checked="" type="checkbox"/>	8 - 10

Lugar y fecha: Chiclayo 06 de Junio de 2022



Luis Fernando Chapón Rimachi
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
REG. CIP. N° 72699

Firma del Experto

FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres:
Silva Lara, Julio Cesar
- 1.2. Cargo e institución donde labora:
Supervisor en C.I.T.V. VTA S.A.C.
- 1.3. Grado académico:
Bachiller en ingeniería Mecánica Eléctrica
- 1.4. Instrumento a validar:
Ficha de observación

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

En la siguiente tabla marque con una "X" debajo de SI o NO conforme considere la respuesta.

ITEMS	SI	NO	SUGERENCIAS
1. Las mediciones persiguen fines del objetivo general.	X		
2. Las mediciones persiguen los fines de los objetivos específicos.	X		
3. Las mediciones abarcan variables e indicadores.	X		
4. Los ítems permiten medir el problema de la investigación.	X		
5. Los términos utilizados son claros y comprensibles.	X		
6. El grado de dificultad o complejidad es aceptable.	X		
7. Los ítems permiten contrastar la hipótesis de la investigación.	X		
8. Los procedimientos siguen un orden lógico.	X		
9. Se deben considerar otros ítems.		X	
10. Los ítems despiertan ambigüedad en el encuestado.	X		

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el cuadro asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="checkbox"/>	0 - 3
Observado <input type="checkbox"/>	4 - 7
Aprobado <input checked="" type="checkbox"/>	8 - 10

Lugar y fecha: Chiclayo, 06 Junio 2022


 Julio Cesar Silva Lara
 INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
 CIP. 201014



FICHA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y nombres: Ramirez Nolasco Ruben Ezequias
- 1.2. Cargo e institución donde labora: INS. PETAO EN C.I.T.V. CITE NOR SAC.
- 1.3. Grado académico: Bachiller en Ingeniería Mecánica Eléctrica
- 1.4. Instrumento a validar: Fichas de observación

II. ASPECTO DE LA VALIDACIÓN

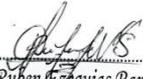
En la siguiente tabla marque con una "X" debajo de **SI** o **NO** conforme considere la respuesta.

ITEMS	SI	NO	SUGERENCIAS
1. Las mediciones persiguen fines del objetivo general.	X		
2. Las mediciones persiguen los fines de los objetivos específicos.	X		
3. Las mediciones abarcan variables e indicadores.	X		
4. Los ítems permiten medir el problema de la investigación.	X		
5. Los términos utilizados son claros y comprensibles.	X		
6. El grado de dificultad o complejidad es aceptable.	X		
7. Los ítems permiten contrastar la hipótesis de la investigación.	X		
8. Los procedimientos siguen un orden lógico.	X		
9. Se deben considerar otros ítems.		X	
10. Los ítems despiertan ambigüedad en el encuestado.	X		

III. CALIFICACIÓN GLOBAL (Ubique el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y marque con un aspa en el cuadro asociado)

CATEGORIA	INTERVALO
Desaprobado <input type="checkbox"/>	0 - 3
Observado <input type="checkbox"/>	4 - 7
Aprobado <input checked="" type="checkbox"/>	8 - 10

Lugar y fecha: Chiclayo 06 de Junio de 2022


Ruben Ezequias Ramirez Nolasco
 ING. MECÁNICO ELECTRICISTA
 CIP N° 202701

Firma del Experto

Anexo 5. Certificado de calibración del Analizador de Gases



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CA-0285-22

SOLICITUD DE SERVICIO: SS-0160-22

FECHA: 03/02/2022

1. DATOS DEL CLIENTE

SOLICITANTE (NOMBRE LEGAL):
CENTRO DE INSPECCIONES TÉCNICAS DEL NORTE S.A.C.
REGISTRO ÚNICO DEL CONTRIBUYENTE RUC N°:
20602378820
DIRECCIÓN, PROVINCIA, DEPARTAMENTO:
CARRETERA PANAMERICANA NORTE KM. 755 MZA. B LOTE. 5 Z.I. HABILITACIÓN INDUSTRIAL T-3, LAMBAYEQUE -
LAMBAYEQUE - LAMBAYEQUE
PERSONA DE CONTACTO:
RICARDO ZAPATA
CORREO/TELÉFONO:
954180128

2. DATOS DEL EQUIPO/INSTRUMENTO

NOMBRE DEL EQUIPO/INSTRUMENTO:
Analizador de Gases
MARCA:
Pierburg Instruments
MODELO:
HGA 400 4 GR

NÚMERO DE SERIE:
781
RANGO:
CO:0-10%vol CO2:0-20%vol HC:0-20000ppm
RESOLUCIÓN:
CO:0,01%vol CO2:0,1%vol HC:1ppm

3. DATOS DE LA CALIBRACIÓN

LUGAR:
CITENOR SAC, Lambayeque, Lambayeque
FECHA:
17/02/2022

4. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

GAS PATRÓN	VALOR DEL GAS	LECTURA	ERROR		INCERTIDUMBRE
			ABSOLUTO	RELATIVO (%)	
CO [% Vol]	3,50	3,49	-0,01	-0,29	0,035
CO ₂ [% Vol]	13,99	13,90	-0,09	-0,64	0,16
HC [ppm]	1003	998	-5	-0,5	11

VERIFICACIONES EFECTUADAS	RESULTADO*	TEMPERATURA (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)
Prueba de encendido	A	19,88	66,73
Prueba de estanqueidad con sonda	A		
Prueba de residuos de HC	A		
Ajuste a cero	A		
Medición de temperatura	A		
Captador RPM	A		
Medición con gas patrón	A		
Comunicación con PC	A		
Tiempo de respuesta de O ₂ (< 60 seg)	A		
Tiempo de respuesta de CO (< 15 seg)	A		
Aviso de flujo bajo	A		



FECHA: 21/02/2022

DONATO ESPARTA
Jefe del Área de Servicio Técnico

NELSON NAÑEZ
Técnico Inspector

994 236 007
01 242 4636

Calle San Lorenzo 363,
Surquillo, Lima

atencióncliente1@calibra.pe

www.calibra.pe

Los resultados consignados en el presente Certificado de Calibración, se refieren únicamente al objeto sometido a calibración, al momento y condiciones en las que se realizaron las mediciones. CALIBRA S.A.C. no se responsabiliza por los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los objetos calibrados o del presente Certificado de Calibración.

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la gerencia de CALIBRA S.A.C.

Este certificado carece de validez sin el sello y la firma digital.

En referencia al DS-N° 009-2012 MINAM, se recomienda al usuario recalibrar sus equipos/instrumentos cada 6 meses.

El presente Certificado de Calibración, el logotipo y nombre de CALIBRA S.A.C. no pueden ser utilizados para fines publicitarios. Salvo previa autorización escrita de la gerencia de CALIBRA S.A.C.

Anexo 6. Especificaciones Técnicas del Toyota Yaris del 2015 al 2017

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS YARIS GLi 1.3 M/T	
Especificaciones técnicas	
Nombre del Modelo	YARIS GLi 1.3 M/T
Código TDP	1223
País de Origen	Tailandia
Garantía	5 años ó 150,000 Km.
Dimensiones y pesos	
Longitud (mm.)	4,410
Ancho (mm.)	1,700
Alto (mm.)	1,475
Batalla (mm.)	2,550
Trocha Delantera (mm.)	1,475
Trocha Posterior (mm.)	1,460
Distancia libre al suelo (mm.)	133
Peso Bruto (Kg.)	1,500
Peso Neto (Kg.)	1,070
Motor	
Tipo	1NR-FE
Número de cilindros	4 cilindros en línea
Capacidad de motor (cc.)	1,329
Potencia (HP / rpm)	97.9 / 6,000
Torque (Kgm / rpm)	12.5/ 4,200
Válvulas	16, DOHC, VVT-i
Sistema de admisión de combustible	EFI
Relación de compresión (a 1)	11.5
Nivel de Emisiones (Euro)	Euro 4
Carrocería	
Aros (Medida)	15"
Capacidad de tanque (L. / Gl.)	42 / 11
Dirección	Piñón y cremallera, asistida electrónicamente (EPS)
Frenos (ABS)	---
Medida de neumáticos	185/60 R15
Radio mínimo de giro (m.)	5.1
Suspensión (Delantera)	Independiente tipo tirantes McPherson con barra estabilizadora
Tipo de transmisión	Mecánica de 5 velocidades (C54)
Equipamiento interior	
Airbag	Piloto y Copiloto
Aire acondicionado	Si
Aire forzado / calefacción	Si
Alarma	Si
Sistema de seguridad antirobo	Inmovilizador de Motor
Asientos (Material)	Tela
Cinturones de seguridad (Delanteros)	2 de 3 puntos con pretensores y limitadores de fuerza
Control interior de apertura de maletera	Si
Control interior de apertura de tapa de combustible	Si
Espejo retrovisor interior	Antidestello día / noche
Limpia parabrisas con función intermitente	Si
Luz interior de maletera	Si
Lunas eléctricas	Si
Pestillos eléctricos	Si
Cierre centralizado	Si
Parlantes	4
Parasoles	Con espejo piloto y copiloto
Radio	Pantalla táctil de 6.2" + DVD+CD+MP3+USB+AUX+BT
Reloj digital	Si
Tacómetro	Analógico
Velocímetro	Analógico
Timón	Uretano de 3 rayos basculable con controles de audio

Equipamiento exterior	
Antena	En techo
Espejos retrovisores exteriores	De color de carrocería , abatibles manualmente y con control interior
Faros (Delanteros)	Halógenos tipo multireflector de doble bulbo
Lunas (Parabrisas)	Laminada, tintada en verde
Desempañador posterior	Si
Manijas exteriores	Color de carrocería
Direccionales Laterales	Si
Parachoques delantero y posterior	Color de carrocería
Tercera luz de freno tipo Halógeno	Si

(*)Toyota del Perú S.A. se reserva el derecho de alterar las presentes especificaciones sin previo aviso.

Anexo 7. Especificaciones Técnicas del Toyota Yaris del 2018 hasta la actualidad

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS YARIS GLI 1.3 MT	
Especificaciones técnicas	
Nombre del Modelo	YARIS GLI 1.3 M/T
Katashiki	NSP150L-AEMRK
Código TDP	1391
Pais de Origen	Tailandia
Garantía	5 años ó 150,000 Km.
Dimensiones y pesos	
Longitud (mm.)	4,425
Ancho (mm.)	1,730
Alto (mm.)	1,475
Batalla (mm.)	2,550
Trocha Delantera (mm.)	1,470
Trocha Posterior (mm.)	1,460
Distancia libre al suelo (mm.)	133
Peso Bruto (Kg.)	1,550
Peso Neto (Kg.)	1,090
Motor	
Tipo	1NR-FE
Número de cilindros	4 cilindros en línea
Capacidad de motor (cc.)	1,329
Potencia (HP / rpm)	97.9 / 6,000
Torque (Kgm / rpm)	12.5/ 4,200
Válvulas	16, DOHC, Dual VVT-i
Sistema de admisión de combustible	EFI
Relación de compresión (a 1)	11.5
Nivel de Emisiones (Euro)	Euro 4
Carrocería	
Aros (Medida)	15"
Medida de neumáticos	185/60 R15
Capacidad de tanque (L. / Gl.)	42 / 11
Dirección	Piñón y cremallera, asistida electrónicamente (EPS)
Frenos (ABS)	Con BA (asistente de frenado) y EBD (distribución electrónica de frenado)
Control de estabilidad (VSC)	con HAC (control de asistente en pendiente)
Radio mínimo de giro (m.)	5.1
Suspensión (Delantera)	Independiente tipo tirantes McPherson con barra estabilizadora
Tipo de transmisión	Mecánica de 5 velocidades (C54)
Equipamiento interior	
Airbag	Piloto y Copiloto
Aire acondicionado	Si
Aire forzado / calefacción	Si
Alarma	Si
Sistema de seguridad antirobo	Inmovilizador de Motor
Asientos (Material)	Tela
Cinturones de seguridad (Delanteros)	2 de 3 puntos con pretensores y limitadores de fuerza
Control interior de apertura de maletera	Si
Control interior de apertura de tapa de combustible	Si
Espejo retrovisor interior	Antidestello día / noche
Limpia parabrisas con función intermitente	Si
Luz de lectura delanteros	Si
Luz de salón	Si
Luz interior de maletera	Si
Lunas eléctricas	Si
Pestillos eléctricos	Si
Cierre centralizado	Si
Parlantes	4
Parasoles	Con espejo piloto y copiloto
Radio	Pantalla táctil de 6.2" + DVD+CD+MP3+USB+AUX+BT

Reloj digital	Si
Panel de Información	Analógico (Optitron)
Indicador de manejo ECO	---
Tacómetro	Analógico
Velocímetro	Analógico
Timón	Uretano de 3 rayos basculable con controles de audio y bluetooth
Pisos de fábrica	Piloto, Copiloto y posterior
Equipamiento exterior	
Antena	En techo
Espejos retrovisores exteriores	De color de carrocería , abatibles manualmente y con control interior
Sensores de retroceso	Si
Cámara de retroceso	Si
Faros (Delanteros)	Halógenos tipo multireflector
Lunas (Parabrisas)	Laminada, tintada en verde
Desempañador posterior	Si
Manijas exteriores	Color de carrocería
Direccionales Laterales	Si
Parachoques delantero y posterior	Color de carrocería
Tercera luz de freno tipo Halógeno	Si

(*)Toyota del Perú S.A. se reserva el derecho de alterar las presentes especificaciones sin previo aviso.