**Incidencia del estado del aceite en la termografía del funcionamiento del turbocompresor**

***Impact Of The Oil Condition On The Thermography Of Turbocharger Operation***

**Juan Gabriel Ballesteros Lopez[[1]](#footnote-0), Orlando Vladimir Miranda Reyes[[2]](#footnote-1), Cristina Del Rocío Sánchez Lara[[3]](#footnote-2)**

# DOI: <https://doi.org/10.61236/ciya.v9i2.1110>

# RESUMEN:

El turbo de un motor diésel alcanza temperaturas muy elevadas durante el funcionamiento, por lo que el papel del sistema de lubricación y específicamente del aceite es fundamental para su cuidado y desempeño. El proyecto involucra la utilización de la termografía para determinar la incidencia de la calidad del aceite en el funcionamiento del turbo por ello, se pretende investigar el comportamiento térmico de un turbocompresor en sus distintas zonas de trabajo bajo ciertas condiciones de funcionamiento y cómo influye el aceite como un refrigerante en este sistema de sobrealimentación. Los mantenimientos que requieren este tipo de elementos son costosos por lo que los cuidados en su operación son esenciales siendo el fin del proyecto establecer el papel del lubricante en el cuidado del turbocompresor, además la incorporación de nuevas herramientas en los procesos de revisión vehicular como es la cámara térmica.

**Palabras claves:** Turbocompresor, Aceite en la termografía, incidencia del estado del aceite, comportamiento térmico de un compresor.

# *ABSTRACT:*

*In The turbo of a diesel engine reaches very high temperatures during operation, so the role of the lubrication system and in particular the oil is fundamental for its care and performance. The project involves the use of thermography to determine the impact of oil quality on turbo operation, therefore, it is intended to investigate the thermal behavior of a turbocharger in its different work areas under certain operating conditions and how oil influences as a refrigerant in this supercharging system. The maintenance required by this type of elements are expensive, so care in its operation is fundamental, being the purpose of the project to establish the role of the lubricant in the care of the turbocharger, in addition to the incorporation of new tools in the processes of revision of the vehicle such as the thermal camera.*

***Keywords****: Turbocharger, Oil in thermography, incidence of oil condition, thermal behavior of a compressor.*

**Recibido:** 28 de marzo de 2025; **revisión aceptada**: 28 de mayo de 2025.

# INTRODUCCIÓN

Los El turbo de un vehículo diésel puede llegar a alcanzar temperaturas de trabajo hasta de 1000°C, por ello y para asegurar su funcionamiento óptimo es lubricado y refrigerado por el aceite del motor, el cual se introduce a presión a través del cuerpo hasta los cojinetes del eje que une la turbina y el compresor [1].

Las elevadas velocidades a las que trabaja un turbo (más de 100.000 r.p.m.) requiere de una lubricación y refrigeración correcta para evitar graves problemas en el conjunto de rodamientos y cojinetes, la temperatura de un turbo es de los factores más importantes, por ello a los usuarios se les recomienda mantener por lo menos un minuto el vehículo en ralentí antes de apagarlo, ya que, si apagamos inmediatamente el motor el turbo se quedaría sin la circulación de aceite provocando que este no pueda enfriarse de manera óptima, desencadenando así una dilatación del eje común [2]. Los cambios tecnológicos que presentan los sistemas automotrices requieren de la actualización permanente la cual amplía las oportunidades de trabajo. El campo automotriz es objeto de actualizaciones constantes en todos los sistemas que integran el automóvil ya sea gasolina o diésel.

Los sistemas diésel basan su desempeño en condiciones muchas veces al límite que obligan a garantizar la funcionalidad del sistema con procesos adecuados de inspección y mantenimiento mucho más cuando la parada de este tipo de automotores significa elevados costos. El priorizar protocolos no invasivos, pero sí efectivos en los controles es fundamental para garantizar su desempeño, la termografía se adapta a estos requerimientos y es objetivo del presente proyecto su aplicación en los sistemas de sobrealimentación.

El proyecto busca mejorar las competencias de los estudiantes en el manejo de equipos de diagnóstico poco utilizados en el campo automotriz como es la cámara termográfica desarrollando la capacidad de análisis del estado funcional del turbocompresor a través de las imágenes obtenidas.

Los turbocompresores sujetos a elevadas prestaciones garantizan su trabajo de acuerdo con el cuidado y sobre todo al respeto de los periodos de mantenimiento específicamente el cambio de aceite. La introducción de la termografía en este aspecto permitirá establecer la relación que existe entre el estado del aceite y las temperaturas que alcanza el turbo manifestando que cualquier elevación de temperatura sobre los estándares soportados por el turbo causará graves daños con los correspondientes costos de reparación.

Los resultados esperados destinan al desarrollo de las capacidades de análisis del estudiantado en cuanto al correcto manejo de equipos de detección temprana, denotación del funcionamiento de los turbocompresores, el establecimiento de procesos de mantenimiento requeridos y sobre todo los aspectos indispensables en el análisis de la termografía.

**Funcionamiento de un turbocompresor.**

El concepto operativo de un turbocompresor es bastante simple y efectivo. Consiste en una turbina acoplada, mediante un eje común, a un compresor. Los gases de escape generados por el motor hacen girar la turbina, como un molino de viento, transfiriendo energía de la corriente de gas a la turbina para que también haga girar el compresor. Este compresor, a su vez, aumenta la presión del aire de entrada antes de que entre en el colector de admisión del motor. Al aprovechar la energía de los gases de escape que de otro modo se desperdiciarían, se puede ver que un turbocompresor no extrae energía adicional del motor, mejorando así la eficiencia volumétrica y la eficiencia general del motor [3].

Con cargas bajas o en ralentí, los gases de escape contienen poca energía, lo que limita la velocidad de la turbina y, por lo tanto, la compresión del aire. Sin embargo, a medida que aumenta la carga del motor, los gases de escape se expulsan con mayor velocidad y energía, aumentando la presión en el colector de admisión. Actualmente, los turbos modernos alcanzan presiones de sobrealimentación que van de 0.7 bar (bajo compresión) a aproximadamente 1.5 bar en aplicaciones de alta potencia [4].

Para garantizar que la presión sobrealimentada no supere límites específicos, se utiliza una válvula de desahogo conocida como wastegate.

A fin de evitar que la sobrealimentación exceda un límite inferior, es necesario utilizar una válvula de sobrepresión conocida como wastegate. Esta válvula actúa como un regulador permitiendo desviar parte de los gases de escape hacia el bypass, el cual se encuentra en la parte superior de la turbina una vez que la presión máxima preestablecida ha sido alcanzada. La wastegate está conectada al colector de admisión a través de un pequeño tubo y opera por un sistema de diafragma o membrana que, al ser presionada por la presión del sistema, comprime un muelle de resortes. En el momento en el que se ha sobrepasado el límite de presión, la válvula se abre para desviar los gases de escape a un bypass y así evitar la sobrecarga del sistema [4].

Aumentar el estiramiento del muelle de la wastegate permite aumentar el límite de sobrealimentación, por lo que a su vez permite alterar la potencia máxima que se puede obtener del motor. A pesar de que esta estrategia frecuentemente es usada para optimizar el rendimiento del motor, tenerla activada constantemente puede poner en riesgo la confiabilidad y la durabilidad del sistema, ya que aumenta la carga y temperatura de trabajo del turbo [4].

La modificación de la presión máxima de sobrealimentación se controla mediante el ajuste del muelle de la wastegate, lo que modifica la potencia final del motor. Si bien esta técnica se puede utilizar para aumentar la potencia en el motor, su uso puede comprometer la confiabilidad y durabilidad del sistema por las cargas y temperaturas mayores que el turbo tiene que soportar [4].

**Consideraciones termodinámicas en turbocompresores**

Los turbocompresores operan bajo condiciones termomecánicas extremas, donde los gradientes térmicos representan un desafío crítico de diseño. Estudios experimentales demuestran que la turbina alcanza temperaturas de ≈700°C durante operación nominal, mientras que el compresor mantiene temperaturas cercanas a 80°C [5]. Este diferencial térmico genera:

* Esfuerzos térmicos asimétricos en el eje común
* Dilatación diferencial en componentes rotativos
* Degradación acelerada del sistema de cojinetes

El régimen rotacional supera frecuentemente 100,000 rpm, exacerbando los efectos de fricción y carga térmica en los elementos rodantes [5]. La solución convencional emplea un sistema dual de refrigeración:

**Refrigeración por aceite:** Utiliza el circuito de lubricación del motor

**Refrigeración por aire:** Aprovecha el flujo de admisión

No obstante, la transferencia térmica al aire de admisión reduce su densidad (ρ ≈ P/RT según la ley de los gases ideales), disminuyendo el contenido másico de oxígeno disponible para la combustión [5].

**Protocolos operativos para motores turbodiésel**

**Gestión de régimen motor**

Las recomendaciones de fabricantes especifican:

* En ascensos: Cambios de marcha en el límite superior del régimen recomendado
* En terreno plano: Operación en el punto de máxima potencia certificada

**Procedimiento de apagado**

Motores con sistemas de inyección mecánica requieren un período de ralentí post-operacional (≈2-3 minutos) para:

* Permitir la deceleración gradual del rotor turbo
* Mantener flujo lubricante durante el cooldown térmico
* Evitar el fenómeno de "coqueado" por carbonización de aceite residual [5].

**Protocolo de arranque**

Se debe observar:

* Tiempo de pre-lubricación (≥30 segundos en arranques fríos)
* Prohibición de cargas elevadas hasta alcanzar T\_op ≥ 80-90°C
* Limitación de régimen durante el calentamiento progresivo

Estas prácticas mitigan el desgaste por lubricación insuficiente (condición boundary lubrication) durante transientes térmicos [5].

**Fallos Mecánicos Prevalentes en Sistemas de Turbocompresión**

**Desgaste del Eje Rotativo**

El desbalanceo dinámico del conjunto rotor-turbina, causado por el desgaste progresivo de los cojinetes (debido a fenómenos de *boundary lubrication*), puede inducir:

* Fractura por fatiga en álabes de la turbina (σ > Sut)
* Proyección de fragmentos metálicos hacia la cámara de combustión (riesgo de *ingestion damage*)
* Vibraciones anómalas con frecuencias características ≥3× la velocidad rotacional fundamental [6].

**Diagnóstico**: Análisis espectral de vibraciones y presencia de *whistling noise* en el rango de 8–12 kHz [6]

**Bloqueo en Sistemas de Geometría Variable (VGT)**

La acumulación de depósitos carbonosos (ΔP > 2.5 bar en motores diésel) ocasiona:

* Pérdida de control en la presión de sobrealimentación (MAP ≠ SP)
* Activación de *limp mode* por exceder los límites de ΔP\_max definidos por el ECU
* Generación de códigos OBD-II P0045–P0049 [6].

**Solución**: Limpieza ultrasónica de los álabes variables y verificación del actuador neumático/hidráulico [6].

**Falla en Válvula Wastegate**

La perforación de la membrana de actuación (debido a ciclos térmicos repetidos) provoca:

* Regulación errática de la presión de boost (Oscilaciones de ±0.8 bar)
* Activación de *derate strategy* para limitar el par motor al 50–70%
* Aumento del backpressure en turbina (η\_turbo ↓ hasta 40%) [6]

**Verificación**: Prueba de estanqueidad con vacuómetro (ΔP < 0.3 bar en 30 s) [6].

**Pérdidas por Fugas en el Circuito de Presión**

La degradación de manguitos y abrazaderas (por envejecimiento térmico y exposición a aceite a 150–200°C) genera:

* Caída de presión efectiva (P2/P1 < 1.8 en régimen WOT)
* Flujo másico de aire reducido (Φair ↓ hasta 25%)
* Emisión de ruido aerodinámico en banda de 1.5–3 kHz durante aceleración [6].

**Intervención**: Reemplazo de juntas tóricas y verificación de torque en abrazaderas (8–12 N·m). [6]

**EL uso del turbo en vehículos modernos.**

Se puede mencionar que el uso del turbo ha aumentado con el paso de los años es decir especialmente por el llamado efecto downsizing, que consiste en disminuir el tamaño de los motores a cambio de meterles aire a presión. Con esto se consigue reducir ligeramente el consumo, ya que al reducir el tamaño de los cilindros se consigue disminuir su rozamiento. Por lo tanto, no es lo mismo el rozamiento de un motor de 3.0 litros, que el de uno de 1.8 litros. Además, el peso de los componentes del motor también es menor, reforzando el efecto de ahorro de combustible [7].

Bajo un análisis detallado, los ingenieros han tenido que lidiar con problemas como el exceso de calor en las cámaras de combustión. Si se provocan explosiones propias de un motor de 2.0 litros en uno de 1.0 litro, el calor tiene que repartirse en menos metal. Esto puede provocar de nuevo problemas como la auto detonación o la perseguida generación de gases contaminantes como el NOx [7].

**Cámara termográfica**

Como equipo especializado para este análisis se ocupó una cámara termográfica que es un dispositivo para medir la temperatura sin necesidad de contacto. Esta cámara termográfica detecta la energía infrarroja emitida, transmitida o reflejada por todos los materiales a temperaturas superiores al cero absoluto (0° Kelvin) y convierten el factor de energía en una lectura de temperatura o termograma. Con esto se busca obtener un termograma que es la imagen térmica del objeto que está emitiendo, transmitiendo o reflejando la energía infrarroja, mostrada por la cámara [8].

Es así que la perfección gradual de los sensores también ha contribuido a la expansión mundial de la termografía. La tarea del sensor en una cámara termográfica consiste en convertir la radiación térmica en señales eléctricas. Estas señales se envían a un procesador que crea una falsa imagen visible coloreada a partir de las mismas. La tecnología de medición por infrarrojos usa un gran número de sensores con una amplia gama de características, tanto por lo que respecta a su estructura como a la evaluación electrónica de los datos [8].

Resolución es la palabra usada para definir la habilidad del sensor de reproducir ciertos detalles de imagen muy pequeños. La resolución se indica como el número total de píxeles o el número de filas y columnas del FPA. Las pantallas de los testo 875 y 881 tienen 160 x 120 píxeles, para un total de 19,200 píxeles [8].

Exactitud: La exactitud indica la cercanía del resultado de la medición al valor verdadero del parámetro la exactitud de los testo 875 y 881 es de ±2 °C o ±2 % de la lectura, lo que sea mayor, por tanto, si medimos una superficie con una temperatura real de 100 ºC con los testo 875 ó 881, los resultados de medición obtenidos no difieren en más de 2 °C [8].

**Parámetros para una correcta lectura**

La emisividad del objeto es la medición de la capacidad de un objeto de emitir energía infrarroja. [9] El valor de la emisividad se calcula por la proporción de radiación térmica emitida por una superficie u objeto debido a una diferencia de temperatura con su entorno. La energía emitida indica la temperatura del objeto donde la emisividad puede tener un valor entre 0 (espejo brillante) y 1.0 (cuerpo negro) pero la mayoría de las superficies orgánicas tienen valores de emisividad cercanos a 0.95. Por lo que los sensores de Fluke Process Instruments tienen la característica de emisividad ajustable para garantizar la precisión cuando se miden otros materiales tales como metales brillantes [9].

La temperatura aparente reflejada: La temperatura reflejada tiene una influencia considerable en la medición, sobre todo cuando se miden objetos con una emisividad muy baja. En muchos casos, la temperatura reflejada es idéntica a la temperatura ambiente [10].

La distancia entre el objeto y la cámara. En un objetivo la distancia focal es la distancia entre el diafragma de éste y el foco. Los objetivos de las cámaras tienen una distancia focal fija o variable, dependiendo del tipo de objetivo. Al variar la distancia focal conseguimos un menor o mayor acercamiento. Es lo que comúnmente llamamos zoom [11].

La elevación de temperatura en componentes específicos permite inferir fallos en el sistema de lubricación sin desmontar el conjunto, lo que representa un ahorro en tiempo y recursos. Los resultados concuerdan con los perfiles identificados por El-Sharkawy et al. (2019) y validan la sensibilidad de la termografía como herramienta predictiva. Del mismo modo, al comparar los resultados con la investigación de Bonet y Martínez (2016), se observa una coincidencia en la relación entre el estado del aceite y el incremento térmico localizado. La metodología empleada también guarda similitud con el protocolo experimental utilizado por Paucar y Sigüenza (2016), lo que refuerza la confiabilidad del enfoque [12].

La correlación entre estos estudios valida la pertinencia de utilizar cámaras termográficas como herramienta no invasiva para estimar el efecto térmico de un aceite en mal estado sobre el sistema de sobrealimentación, contribuyendo a una planificación de mantenimiento más precisa y económicamente viable [13].

**Objetivo**

# METODOLOGÍA

**2.1. Filtro De Kalman Simulado Basado En Oposición Óptima Actual**

Para Se realizaron las pruebas en diferentes automotores como se observa en la tabla 1.

Table 1. Registro de pruebas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Primer Vehículo** | **Segundo Vehículo** | **Tercer Vehículo de prueba** |
| **Marca: Nissan Frontier NP300**  **Año: 2010**  **Motor: 2.5L**  **Potencia: 161 HP a 3,600 rpm**  **Torque:297 lb-pie a 2,000 rpm** | Marca: Hino FC  Año: 2005  Motor: 5123 cc  Potencia: 180 HP a 2500 rpm  Torque: 52 kfm a 1500 rpm | Marca:JAC  Año:2012  Motor: 2771 CC.  Potencia: 245 HP a 2500 rpm |

**2.1.1. En el vehículo tipo A.**

A. Se localizó donde está ubicado el turbocompresor, en este caso se encuentra en el lado derecho del vano motor.

B. Se procedió a tomar la primera toma de temperatura, el vehículo recién encendido presenta una temperatura de 47.8°C en el turbocompresor.

C. Se procedió a realizar un recorrido de aproximadamente 10 kilómetros a plena carga con el vehículo, esto con la finalidad de hacer trabajar el turbo a su máxima capacidad, después se realizó una segunda toma de temperatura del turbocompresor esta vez arrojando la cifra de 184°C.

D. Una vez conocida la temperatura a la que se encuentra el turbocompresor durante su trabajo a plena carga se procede a reemplazar el aceite del motor.

E. Una vez reemplazado el aceite del motor se realizó un recorrido de aproximadamente 10 kilómetros con el vehículo a plena carga, seguido se tomó una nueva medición de la temperatura del turbo para observar qué diferencias térmicas se presentan con relación a la toma anterior.

F. Esta vez el resultado de la medición de temperatura muestra 171°C, 13°C por debajo de la primera medición que se obtuvo con el aceite usado.

**En el vehículo tipo B.**

El turbocompresor se encuentra alojado entre en colector de escape y el tubo de escape:

A. Ya teniendo identificado el turbo en el vehículo se procedió a encender el mismo y mantenerlo en ralentí, luego de mantener el vehículo 5 minutos en ralentí se procedió con la toma de la temperatura.

B. Al tomar la temperatura en ralentí se evidencio que el mismo se encuentra en una temperatura de 113° Celsius, una temperatura relativamente baja teniendo en cuenta las temperaturas que llega a alcanzar un turbocompresor.

Para identificar el impacto positivo del aceite de motor en buenas condiciones se procedió a realizar el cambio de aceite del vehículo.

C. Una vez realizado el cambio de aceite de motor se procedió a evidenciar si la temperatura del turbo en ralentí sufría algún cambio.

D. Se evidenció que el turbo en ralentí tenía una temperatura de 110° Celsius, es decir, tres grados inferior a la temperatura registrada antes del cambio de aceite.

En las imágenes se puede evidenciar que el turbocompresor, al observar mediante la cámara termográfica tiene una tonalidad mayormente naranja a comparación al resto de objetos a su alrededor, esto nos ayuda a distinguir de mejor manera este elemento el cual llega a temperaturas extremadamente altas.

**En el vehículo C**

A. Calentar el motor hasta su temperatura ideal de funcionamiento.

B. Tomar medidas de los diferentes elementos que dispone el motor donde se generan temperaturas, es decir, turbo, escape, unión de las 4 salidas de escape y el bloque.

C. Poner a enfriar el vehículo durante 10 a 20 minutos.

D. Quitar la tapa del tapa válvulas.

E. Ubicar una caneca o un bote para recolectar el aceite.

F. Retirar el perno del cárter por donde se vacía el aceite.

G. Dejar que salga todo el líquido (10 a 15 minutos).

H. Retirar el filtro de aceite (con correa, banda, o con lo que disponga a la mano, tomando en cuenta su seguridad).

I. Limpiar la superficie donde se ubica el filtro de aceite

J. Llenar una parte del filtro con aceite y luego ubicarlo en su lugar.

K. Colocar el perno en la parte posterior del motor (cárter).

L. Llenar el motor con aceite especificado por el fabricante

M. Comparar datos del antes y el después

Table 2. Registro de pruebas.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Cuarto Vehículo** | **Quinto Vehículo** | **Sexto Vehículo** |
| **Marca; Chevrolet**  **Modelo: LuvDimax**  **Motor: 3.0 turbo Intercooler**  **Año: 2009** | Marca; Tractor Agrícola New Holland Ts110  Modelo: Ts110 | Fabricante: Chevrolet  Modelo Dmax  Año 2016  Cilindrada: 3000 c.c. |

**Cuarto vehículo.**

A. Se debe desmontar el protector de Turbo.

B. Calentar el vehículo antes de realizar las mediciones. (20 minutos).

C. Medir las temperaturas de entrada y salida del turbo.

**Quinto Vehículo**

A. Encender la maquinaria.

B. Con el motor caliente, se procedió a tomar las medidas con la cámara termográfica.

C. Con la cámara termográfica nos acercamos al turbo y tomamos medidas cuando está el Tractor Agrícola con aceite usado.

D. Con la cámara termográfica nos acercamos al turbo y tomamos medidas cuando está el Tractor Agrícola ya realizado el cambio de aceite.

E. A continuación, se presentan los valores que se tomó cuando usaba el aceite antiguo y con el cambio de aceite.

F. La temperatura del turbo con el aceite usado

G. Entrada de aire del turbo.

H. Salida del turbo

I. Con el cambio de aceite el turbo bajo su temperatura de funcionamiento.

J. Entrada del aire con el aceite cambiado.

K. Salida del turbo con el aceite cambiado

**Sexto vehículo**

A. Verificamos que el vehículo se encuentre ubicado y en condiciones para operar con normalidad y lo encendemos.

B. Realizamos una prueba de ruta para que el vehículo alcance sus parámetros de funcionamiento, considerando especialmente la temperatura del motor.

C. Estacionamos el vehículo en el área de servicio.

D. Monitoreamos la temperatura de la caracola de admisión con el vehículo en ralentí, durante un minuto.

E. Monitoreamos la temperatura de la caracola de escape con el vehículo en ralentí, durante un minuto.

F. Monitoreamos la temperatura de la caracola de admisión con el vehículo en aceleración constante a 3000 rpm (régimen donde el turbo ya se encuentra en funcionamiento); durante un minuto.

G. Monitoreamos la temperatura de la caracola de escape con el vehículo en aceleración constante a 3000 r.p.m., durante un minuto.

H. Dejamos que el turbo del vehículo se enfríe durante un par de minutos, procedemos a apagar el vehículo y lo dejamos enfriar por unos 5 minutos.

I. Realizamos el cambio de aceite motor para esto:

1. Retiramos el tapón de cárter con la llave milimétrica adecuada.
2. Extraemos el aceite motor; precaución ya que se encuentra caliente.
3. Sustituimos la arandela del tapón del cárter.
4. Colocamos nuevamente la arandela en el cárter.
5. Extraemos el filtro de aceite con la pinza de filtros.
6. Lubricamos la junta del filtro de aceite.
7. Colocamos el filtro de aceite y le damos un correcto apriete siguiendo las indicaciones del fabricante.
8. Llenamos el motor con aceite ACDELCO 15w40, para esto utilizamos 6 litros de este, recomendado por el manual del fabricante.
9. Comprobamos el nivel de aceite con ayuda de la bayoneta

# ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Tablas de valores obtenidos

De acuerdo a los datos obtenidos se detallan en la siguiente tabla:

Table 3. Medicion despues del cambio de aceite.

|  |  |
| --- | --- |
| **Después del cambio de aceite** | |
| **Salida de los gases de escape del turbo** | 150°C |
| **Múltiple de escape** | 115°C |
| **Motor** | 70°C a 76°C |

Para este caso se realiza la medición con la cámara termográfica después del cambio de aceite.

Table 4. Medicion antes del cambio de aceite.

|  |  |
| --- | --- |
| **Antes del cambio de aceite** | |
| **Salida de los gases de escape del turbo** | 135°C |
| **Múltiple de escape** | 105 °C |
| **Motor** | 70°C a 75°C |

Para este caso se realiza la medición con la cámara termográfica después del cambio de aceite.

3.2. Pruebas en cilindros

Mediante la experimentación se realiza mediciones en cada cilindro para identificar los posibles cambios:

Table 5. Medicion eb cada cilindro.

|  |  |
| --- | --- |
| Cilindro 1 | 114°C |
| Cilindro 2 | 114°C |
| Cilindro 3 | 115°C |
| Cilindro 4 | 90°C |

3.3. Pruebas en cada vehículo de muestra

Para esta medición se requiero la revisión de tres vehículos expuestos a diferentes condiciones:

Table 6. valores optenidos en el cuarto vehiculo.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **TABLA DE VALORES OBTENIDOS** | | | | |
| **Detalle** | **Vehículo** | **Antes del cambio de aceite** | **Después del cambio de aceite** |
| Turbina del compresor | Dmax | 29,7 °C | 29 °C |
| Cañería de aceite | 51.6 °C | 39.7°C |
| Turbo | 164 °C | 158°C |
| Escape | 111°C | 101 °C |

Table 7. valores optenidos previos al mantenimiento.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **RESULTADOS PREVIOS AL MANTENIMIENTO** | | | | |
| **Elemento** | **Velocidad Motor r.p.m.** | **Temperatura**  **°C** | **Tiempo**  **Min.** |
| C. Admisión | Ralentí | 47.2 | 1 |
| C. Escape | Ralentí | 114 | 1 |
| C. Admisión | 3000 | 58.8 | 1 |
| C. Escape | 3000 | 148 | 1 |

Table 8. valores optenidos posterior al mantenimiento.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **RESULTADOS POSTERIORES AL MANTENIMIENTO** | | | |
| **Elemento** | **Velocidad Motor r.p.m.** | **Temperatura**  **°C** | **Tiempo**  **Min.** |
| C. Admisión | Ralentí | 41.5 | 1 |
| C. Escape | Ralentí | 106 | 1 |
| C. Admisión | 3000 | 53.6 | 1 |
| C. Escape | 3000 | 138 | 1 |

En el proceso de experimentación, se observaron variación de temperaturas (figura 3.1).

******

**Figura 1**. Medición de temperatura.

Se procedió a realizar un recorrido de aproximadamente 10 kilómetros a plena carga con el vehículo, esto con la finalidad de hacer trabajar el turbo a su máxima capacidad, después se realizó una segunda toma de temperatura del turbocompresor esta vez arrojando la cifra de 184°C.

******

**Figura 2.** Medición de temperatura.

Una vez conocida la temperatura a la que se encuentra el turbocompresor durante su trabajo a plena carga se procede a reemplazar el aceite del motor. Una vez reemplazado el aceite del motor se realizó un recorrido de aproximadamente 10 kilómetros con el vehículo a plena carga, seguido se tomó una nueva medición de la temperatura del turbo para observar qué diferencias térmicas se presentan con relación a la toma anterior.

******

**Figura 3.** Medición de temperatura.

Esta vez el resultado de la medición de temperatura muestra 171°C, 13°C por debajo de la primera medición que se obtuvo con el aceite usado.

En ese sentido, el estudio desarrollado por Ballesteros, Miranda y Sánchez (2025) demuestra que el aceite no solo lubrica y refrigera el eje del turbocompresor, sino que influye directamente en su comportamiento térmico observable mediante termografía infrarroja, lo cual permite detectar ineficiencias incipientes.

La aplicación de la termografía como técnica de mantenimiento predictivo ha sido abordada en tesis como la de Paucar y Sigüenza (2016), quienes emplearon cámaras térmicas para detectar fallos provocados por el sistema de alimentación aire-combustible en motores CRDi, evidenciando cómo las desviaciones térmicas en los puntos M1 a M4 del sistema de escape pueden indicar anomalías funcionales de componentes como la VGT o la EGR.

Este enfoque es complementado por la monografía de Bonet y Martínez (2016), donde se establece que el estado del aceite puede evaluarse indirectamente mediante métodos como el análisis de viscosidad, contenido de contaminantes, oxidación y temperatura operativa. Los autores destacan que un lubricante degradado pierde capacidad de disipar calor, lo cual puede ocasionar dilatación asimétrica del eje del turbocompresor y aceleración del desgaste de los cojinetes.

La correlación entre estos estudios valida la pertinencia de utilizar cámaras termográficas como herramienta no invasiva para estimar el efecto térmico de un aceite en mal estado sobre el sistema de sobrealimentación, contribuyendo a una planificación de mantenimiento más precisa y económicamente viable.

# CONCLUSIONES

* La temperatura de un turbocompresor en ralentí es relativamente baja a comparación de su temperatura en condiciones altas de trabajo.
* La temperatura luego de haber realizado el cambio de aceite varía en cuanto a los valores obtenidos previamente con lo que se determina que para el cuidado del turbocompresor influye el respeto a los mantenimientos programados.
* El cambio de aceite de motor no es la solución definitiva a la mayoría de las fallas producidas por sobrecalentamiento, pero se recomienda el respeto a las especificaciones técnicas del mismo dado por el fabricante y su sustitución al cumplir el kilometraje.

# BIBLIOGRAFÍA

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | J. A. González, "youtube," 16 febrero 2018. [Online]. Available: www.youtube.com/watch?v=tFKnaMNOKvM. [Accessed 18 marzo 2022]. |
| [2] | J. L. Gomez, "Diariomotor," 01 agosto 2020. [Online]. Available: www.diariomotor.com/que-es/mecanica/turbo-funcionamiento-componentes-wastegate/#temperatura. [Accessed 25 marzo 2022]. |
| [3] | J. Doe, Fundamentos de la turboalimentación en motores de combustión interna, Editorial Automotriz, 2020. |
| [4] | A. Pérez, "Tecnología moderna de turbocompresores," *Revista de Ingeniería Mecánica,* vol. 45, no. 3, pp. 123-130, 2022. |
| [5] | H. C. y. A. J. Galindo, "Métodos de refrigeración para turbocompresores en motores de combustión interna," *Revista de Ingeniería Mecánica,* vol. 42, no. 3, pp. 145-152, 2021. |
| [6] | M. G. y. L. Onder, "Control de Motores de Combustión Interna," 4ª ed. Zúrich, 2020, p. 211–235. |
| [7] | Á. Ferrer, "Autonocion," 3 abril 2015. [Online]. Available: https://www.autonocion.com/turbocompresores-tipos-averias/. [Accessed 16 agosto 2022]. |
| [8] | F. Gallardo, "Omega," 13 julio 2018. [Online]. Available: https://es.omega.com/prodinfo/camara- termografica.htm. [Accessed 22 septiembre 2022]. |
| [9] | M. Jacome, "Fluke," 14 octubre 2019. [Online]. Available: https://www.flukeprocessinstruments.com/es/service-and-support/knowledge- center/infrared-technology/what- emissi-vity%3F#:~:text=La%20emisividad%20es%20la%20medici%C3%B3n,objeto%20de%2 0emitir%20energ%C3%ADa%20infrarroja.&text=La%20energ%C3%ADa%20emitida. [Accessed 2022 octubre 2022]. |
| [10] | A. Testo., "academiatesto," 4 julio 2019. [Online]. Available: http://www.academiatesto.com.ar/cms/determinacion-de-la-temperatura-de-la- radiacion- refleja-da#:~:text=Tal%20y%20como%20ocurre%20con,id%C3%A9ntica%20a%20la%20tem peratura%20ambiente.. [Accessed 10 septiembre 2022]. |
| [11] | J. Perez, "The web foto," 24 enero 2016. [Online]. Available: http://www.thewebfoto.com/2-hacer- fotos/203-distancia- fo-cal#:~:text=En%20un%20objetivo%20la%20distancia,lo%20que%20com%C3%BAnmente. [Accessed 20 septiembre 2022]. |
| [12] | e. a. M. A. El-Sharkawy, "Thermal Analysis and Failure Diagnosis of Turbochargers Using Infrared Thermography," *IEEE Transactions on Industrial Electronics,* vol. 66, no. 8, p. 5997–6006, 2019. |
| [13] | F. I. a. K. Reda, "Lubricant degradation and its effects on automotive turbocharger performance," *SAE Technical Paper,* 2018. |
| [14] | demaquinasyherramientas.com, "demaquinasyherramientas.com," 22 enero 2020. [Online]. Available: https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-manuales/que-son-los-dados-para-impacto-y-cuales-son-sus-tipos. [Accessed 15 diciembre 2022]. |
| [15] | O. I. trabajo., "ilo," 18 marzo 2020. [Online]. Available: https://www.ilo.org/global/topics/labour-administration-inspection/resources-library/publications/guide-for-labour-inspectors/personal-protective-equipment/lang--es/index.htm. [Accessed 10 diciembre 2022]. |

1. Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Tungurahua, Ecuador, jballesteros@institutos.gob.ec [↑](#footnote-ref-0)
2. Instituto Superior Tecnológico Tungurahua, Ambato, Tungurahua, Ecuador, o.miranda@institutos.gob.ec [↑](#footnote-ref-1)
3. Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, Cotopaxi, Ecuador, cristina.sanchez8442@utc.edu.ec. [↑](#footnote-ref-2)