



Facultad de Ciencia y Tecnología
Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Análisis comparativo del rendimiento de tres tipos de eje de levas, en un
vehículo Suzuki Forsa 1

Trabajo previo a la obtención del grado académico de Tecnólogo en
Electrónica Automotriz

Autor:

José Luis González Merchán

Director:

Ing. Pablo Segarra

Cuenca – Ecuador

2024

Agradecimientos

En primer lugar, agradezco, a mis padres, que me pudieron dar la oportunidad de poder estudiar lo que me gusta y en algún momento poder ejercer y ser el mejor en lo que me prepare.

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a los profesores de la Universidad del Azuay quienes han sido los guías para poder culminar esta carrera, por sus experiencias y compromisos como docentes durante el desarrollo del mismo. Sus conocimientos han sido indispensables para lograr lo que seremos a futuro.

Por último, agradezco al Ing. Cristian Jaramillo por su ayuda y aliento desde un inicio en este proyecto, sus conocimientos y consejos fueron de gran ayuda para su desarrollo.

Resumen:

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre el análisis comparativo del rendimiento de tres tipos de ejes de levas, en un vehículo Suzuki Forsa 1, intercambiando el eje de levas estándar por uno modificado. Ya que con esto podemos confirmar una variación entre los diferentes tipos de ejes de levas, como altura de leva, adelanto a la apertura de admisión (AAA), retraso en el cierre de admisión (RCA), avance en la apertura de escape (AAE), retraso del cierre de escape (RCE) y verificar su cambio en el ámbito de torque y también potencia, esto nos ayudara en el momento que queramos preparar un automóvil para carreras, ya que vamos a poder apreciar cuanto aumenta en relación con un eje de levas normal a uno de competencia.

Palabras clave: dinamómetro, eje de levas, motor g10, potencia, variación torque

Abstract:

The present work constitutes a technical report on the comparative analysis of the performance of three types of camshafts, in a Suzuki Forsa 1 vehicle, exchanging the standard camshaft for a modified one. Since with this we can confirm a variation between the different types of camshafts, as cam height, advance to the opening of admission (AAA), delay in the closing of admission (RCA), advance in the opening of the exhaust (AAE), delay in the closing of the exhaust (RCE) and verify its change in the field of torque and also power, this will help us at the time we want to prepare a car for racing since we will be able to appreciate how much increases concerning a normal camshaft to one of competition.

Keywords: camshaft, dynamometer, g10 engine, power, torque variation



Este certificado se encuentra en el repositorio digital de la Universidad del Azuay, para verificar su autenticidad escanee el código QR

Este certificado consta de: 1 página

Índice de contenido

<i>Agradecimientos</i>	<i>i</i>
<i>Resumen:</i>	<i>ii</i>
<i>Abstract:</i>	<i>ii</i>
<i>Índice de contenido</i>	<i>iii</i>
<i>Índice de figuras</i>	<i>v</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>vi</i>
1. Introducción	1
1.1 Marco teórico.....	2
1.1.1 Funcionamiento.....	2
1.1.2 ¿Qué es un eje de levas?	2
1.1.3 Constitución del eje de levas	2
1.1.4 Partes del eje de levas	3
1.1.5 Geometría de lóbulos de levas.....	3
2. Eje de levas de competencia	4
2.1 Eje de levas estándar	4
2.2 Eje de levas de rally	5
2.3 Eje de levas de circuito	5
3. Objetivos	5
3.1 Objetivo general	5
3.2 Objetivos específicos	5
4. Procedimiento y herramientas	6
4.1 Medición del eje de levas estándar	6
4.2 Datos obtenidos de la medición del eje de levas estándar	6
4.3 Montaje de eje de levas de rally.	7

4.4	Datos del eje de levas de rally:	8
4.5	Montaje de eje de levas de circuito.....	8
4.6	Datos del eje le levas de circuito	9
5.	<i>Resultados y conclusiones</i>	9
5.1	Eje de levas estándar	10
5.2	Eje de levas de rally	10
5.3	Eje de levas de circuito.	11
5.4	Potencia de tres ejes de levas	12
5.5	Torque de tres ejes de levas.....	13
5.6	Tres ejes de levas comparados	14
6.	<i>Lista de referencias</i>	15

Índice de figuras

Figura 1. <i>Forma de la leva</i>	3
Figura 2. <i>Lóbulos de levas</i>	3
Figura 3. <i>Eje de levas estándar del auto</i>	4
Figura 4. <i>Eje de levas de rally probado en el auto</i>	5
Figura 5. <i>Imagen de eje de levas de circuito puesto en el auto</i>	5
Figura 6. <i>Medición del auto en el dinamómetro con eje de levas estándar.</i>	6
Figura 7. <i>Desmontaje de eje de levas estándar para colocar el eje de levas de rally</i>	7
Figura 8. <i>Cambio de eje de levas de rally al de circuito</i>	9
Figura 9. <i>Grafica de eje de levas estándar</i>	10
Figura 10. <i>Grafica de eje de levas de rally</i>	10
Figura 11. <i>Grafica de eje de levas de circuito</i>	11
Figura 12. <i>Gráfica de potencia de los tres ejes de levas</i>	12
Figura 13. <i>Gráfica torque de los tres ejes de levas</i>	13
Figura 14. <i>Grafica comparativa entre tres ejes de levas.</i>	14

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Eje de levas estándar</i>	7
Tabla 2. <i>Eje de levas rally</i>	8
Tabla 3. <i>Eje de levas de circuito</i>	9
Tabla 4. <i>Datos de potencia de los tres ejes probados en el auto</i>	12
Tabla 5. <i>Datos de torque de los tres ejes probados en el auto</i>	13
Tabla 4. <i>Resultados</i>	14

1. Introducción

En el campo automotriz, la preparación de un automóvil para carreras es un proceso complejo que implica una variedad de modificaciones y ajustes para mejorar el rendimiento del vehículo en la pista. La preparación puede variar dependiendo del tipo de carrera y de las regulaciones específicas de la competición, pero en general involucra la optimización de áreas clave como la potencia del motor, la aerodinámica, la suspensión y los frenos.

En primer lugar, se suele comenzar por aumentar la potencia del motor mediante la instalación de partes de alto rendimiento como árboles de levas, pistones, bielas, turbocompresores, etc. También se pueden ajustar los sistemas de admisión y escape para mejorar el flujo de aire y la eficiencia del motor.

Para obtener las curvas de torque y potencia de las tres diferentes configuraciones del eje de levas, se realizará pruebas en un banco dinamométrico de chasis con el propósito de realizar una comparación de los resultados obtenidos.

En este proyecto de tesis se pretende determinar la variación de torque y potencia, cambiando tres tipos de ejes de levas con diferentes especificaciones, ya que cada uno de ellos posee diferentes características constructivas para ser empleados en la modificación de motores de competencia.

1.1 Marco teórico

1.1.1 Funcionamiento

El sistema de eje levas es el encargado de controlar que las válvulas de admisión y escape se abran y se cierran en el momento preciso y de forma coordinada, con el objetivo de que entre la mezcla de aire y combustible y que los gases resultantes de la fase de combustión salgan hacia el escape.

Su historia proviene de la antigüedad, ya en el siglo XI se aplicaba esta tecnología de transmisión de movimiento circular a movimiento lineal. Se utilizaba en molinos o para mover engranajes

En 1862, el inventor francés Alphonse Beau de Rochas ideó este tipo de motor el cual contaba con un eje de levas para la apertura y cierre de alguno de sus componentes, pero fue el alemán Nikolaus August Otto quien construyó un motor cuatro años más tarde en sus dos versiones: dos y cuatro tiempos y empleo el eje de levas.

1.1.2 ¿Qué es un eje de levas?

Es un eje que posee camones con una forma determinada, llamada PERFIL, para abrir y cerrar las válvulas del motor y así poder realizar los ciclos de admisión y escape del cilindro con el objetivo de que entre la mezcla de aire y combustible y que los gases resultantes de la explosión o la combustión salgan hacia el escape. (Levas Crespo, s.f)

Luego para la puesta a punto, utilizamos el gauge de láminas con el objetivo de conseguir una separación adecuada con el propósito de que la leva pueda ejercer la apertura adecuada tanto como para las fases de admisión y escape (Levas Crespo, s.f).

Las calibraciones se pueden ocupar en milímetros o pulgadas, por ejemplo, a 1mm o 1.27mm como utilizan los americanos (0.050") (Levas Crespo, s.f).

1.1.3 Constitución del eje de levas

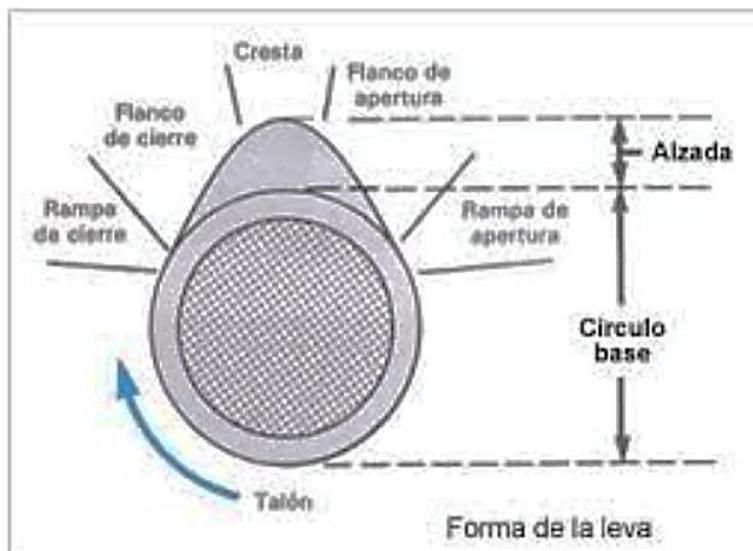
Por lo general, está confeccionado en hierro fundido, pues las levas son elementos con forma ovoide. Los tamaños y la disposición de las levas varían para poder activar varios mecanismos.

También existen ejes de levas forjados para aguantar más calor y fuerza ya que la formación tiene mayor acumulación de partículas y dura mas

1.1.4 Partes del eje de levas

- Flanco de la leva: Es la posición de la leva comprendida entre dos ejes del eje de levas y crestas, podríamos decir que es la parte lateral de la leva
- Cresta de la leva: Es la parte de la leva determinada por la unión de los flancos de la leva. La altura de la cresta tiene relación directa con la apertura máxima de la válvula, ya que la longitud desde el centro del eje de levas hasta la punta de la cresta es la distancia que recorre la válvula.

Figura 1. *Forma de la leva*



1.1.5 Geometría de lóbulos de levas

Existen tres tipos:

- Tipo circular: las válvulas abren y cierran a velocidad moderada.
- Tipo tangencial: las válvulas abren con mayor aceleración.
- Tipo aceleración constante: las válvulas se abren y cierran acelerando uniformemente.

Figura 2. *Lóbulos de levas*



Nota: Funcionamiento árbol de levas, diseño de alto rendimiento. Fuente: Tomado de SoloMotores (s.f.)

2. Eje de levas de competencia.

El funcionamiento de los ejes de levas deportivos incrementa la carrera de la válvula, el tiempo de apertura de la válvula, así como el solapamiento entre el Avance de la Apertura de la válvula de Admisión (AAA) y el Retraso del Cierre de la válvula de Escape (RCE). Estos cambios mejoran el comportamiento fluidodinámico de la mezcla y de los gases de escape cuando el motor gira a altas vueltas, y por lo tanto mejora el rendimiento del motor y aumenta su potencia. Sin embargo, el funcionamiento del motor en ralentí a bajas vueltas se comporta de forma errática debido a que se mezclan la entrada de aire con los gases de salida. (Marco Motorsport, s.f.)

2.1 Eje de levas estandar estándar

Los ejes de levas estándar ofrecen un buen nivel de compromiso entre los requerimientos diarios de un motor de automóvil: velocidad regular en carreteras y autopistas, un buen funcionamiento del motor en ralentí a bajas vueltas y unas bajas emisiones de contaminantes. (Marco Motorsport, s.f.)

Figura 3. Eje de levas estándar del auto



2.2 Eje de levas de rally

El eje de levas de rally nos da una mayor apertura de válvulas y también la posibilidad de que funcione a altas y a bajas revoluciones ya que en el rally tenemos una variación de camino donde se necesita ocupar bajas y altas revoluciones.

Figura 4. *Eje de levas de rally probado en el auto*



2.3 Eje de levas de circuito

El eje de levas de circuito nos da una mayor apertura de válvulas y un mejor funcionamiento en altas revoluciones ya que en el circuito tenemos mayores aceleraciones que en el rally y hacemos que el motor llegue a sus máximas revoluciones.

Figura 5. *Imagen de eje de levas de circuito puesto en el auto*



3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Elaborar una comparativa sobre tres tipos de ejes de levas y ver su rendimiento.

3.2 Objetivos específicos

- Determinar los torques y potencias con tres ejes de levas diferentes para un motor g10.
- Establecer los valores de torque y potencia a diferentes revoluciones.
- Recomendar según los datos obtenidos el uso del motor con cada uno de los ejes.

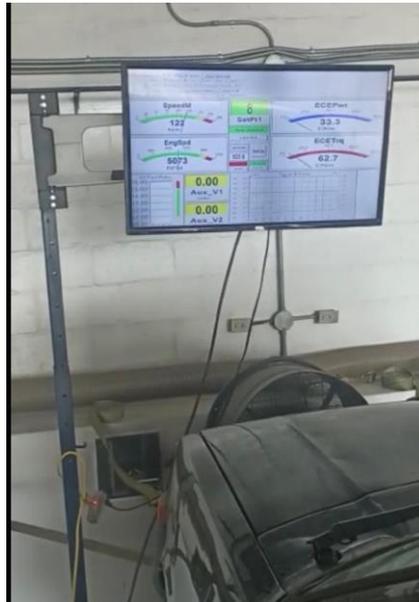
4. Procedimiento y herramientas

4.1 Medición del eje de levas estándar

Para empezar el trabajo primero tuvimos que medir en el dinamómetro cuanto torque y potencia tenía en auto con el eje de levas estándar.

Para obtener los datos primero tuvimos que subir el auto al dinamómetro y asegurar con templeones, luego proceder a colocar un pedazo de cinta reflectiva en la polea del cigueñal con esto culminado, procedimos a colocar el censador comprobando de que la señal no se pierda a ninguna revolución, después de que pudimos comprobar que la señal no se pierde, procedimos a calibrar la fuerza ejercida por el dinamómetro para que se pueda medir torque y potencia.

Figura 6. Medición del auto en el dinamómetro con eje de levas estándar.



4.2 Datos obtenidos de la medición del eje de levas estándar

Hicimos la medición debida del eje de levas estándar en le dinamómetro y estos son los datos obtenidos.

Como podemos ver en la primera columna tenemos las revoluciones aproximadamente cada 1000 rpm, en la segunda columna podemos ver kilovatios, en la tercera columna podemos ver caballos de fuerza y en la cuarta columna podemos ver newton metros

La tabla nos muestra que a 1471 rpm del motor obtenemos 9.2 kilovatios, 12.34 caballos de fuerza, 52.8 newton metro y así sucesivamente con las diferentes rpm del motor.

Tabla 1.

Eje de levas estándar

EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECETrq
RPM	CKw	CHP	CNm
1471	9.2	12.348993	52.8
2473	13.6	18.255034	52.6
3471	18.9	25.369128	52
4472	20.3	27.248322	43.4
5017	19.7	26.442953	37.4

Nota: Datos obtenidos del eje de levas estándar

4.3 Montaje de eje de levas de rally.

Para proceder a intercambiar el eje de levas estándar por el de rally, tuvimos que proceder a los siguientes pasos:

- Desmontar el tapa válvulas
- Colocar el pistón 1 en PMS
- Quitar la polea del eje de levas
- Quitar los balancines
- Quitar el eje de levas y cambiar con el de rally
- Poner la polea del sigueñal
- Poner los balancines
- Calibrar válvulas
- Montar el tapa válvulas

Figura 7. *Desmontaje de eje de levas estándar para colocar el eje de levas de rally*



4.3.1 Datos del eje de levas de rally:

Hicimos las mediciones debidas del eje de levas de rally en el dinamómetro y estos son los datos obtenidos.

La tabla nos muestra que a 1470 rpm del motor obtenemos 13.3 kilovatios, 17.85 caballos de fuerza, 86.5 newton metro y así sucesivamente con las diferentes rpm del motor.

Tabla 2.

Eje de levas rally

EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECETrq
RPM	CKw	CHP	CNm
1470	13.3	17.852349	86.5
2475	22.6	30.3355705	87
3470	29.8	40	82.1
4470	33.4	44.8322148	71.4
5016	33.7	45.2348993	64.2

Nota: Datos obtenidos del eje de levas de rally

4.4 Montaje de eje de levas de circuito

Para proceder a intercambiar el eje de levas de rally por el de circuito, realizando el mismo procedimiento que con el eje de levas de rally

Figura 8. montaje de eje de levas de rally al de circuito



Nota: cabezote con el eje de levas de circuito

4.5 Datos del eje le levas de circuito

Hicimos las mediciones debidas del eje de levas de circuito en el dinamómetro y estos son los siguientes datos obtenidos.

La tabla nos muestra que a 1471 rpm del motor obtenemos 12.7 kilovatios, 17.04 caballos de fuerza, 82.4 newton metro y así sucesivamente con las diferentes rpm del motor.

Tabla 3.

Eje de levas de circuito

Eje de levas de circuito			
EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECETrq
RPM	CKw	CHP	CNm
1471	12.7	17.0469799	82.4
2469	21.7	29.1275168	84.1
3462	29	38.9261745	80
4470	32.8	44.0268456	70
5016	33.2	44.5637584	63.1

Nota: Datos obtenidos del eje de levas de circuito.

5. Resultados y conclusiones

A continuacion las gráficas de cada eje de levas representado en relación a torque y potencia, como podemos apreciar la línea azul es torque y la línea tomate es potencia.

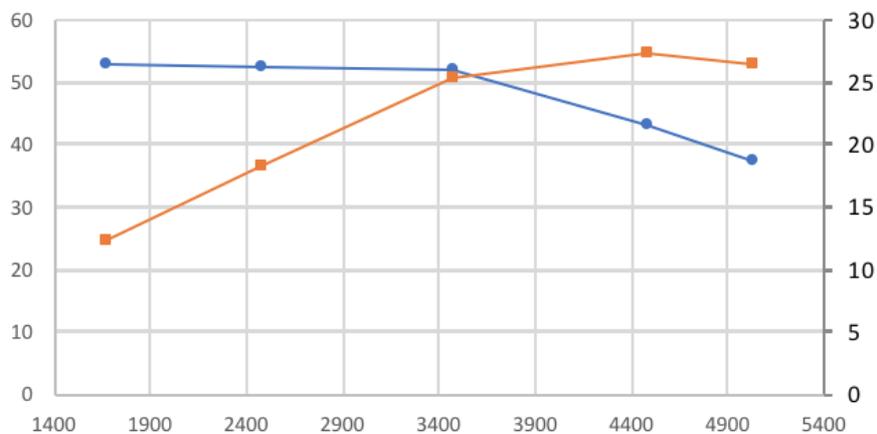
5.1 Eje de levas estándar

Como podemos ver estas son las gráficas que nos dio el eje de levas estándar en relación a torque y potencia.

Podemos ver que el pico más alto de potencia se da a las 4500 rpm y logra alcanzar una potencia de 26 hp aproximadamente.

Podemos ver que el torque con el eje de levas estandar es constante desde las 1400 hasta las 3500 rpm y que tiene un torque de 50-52 Nm y de ahí decae la potencia a 37 Nm

Figura 9. *Grafica de eje de levas estándar.*



Fuente: Elaboración propia

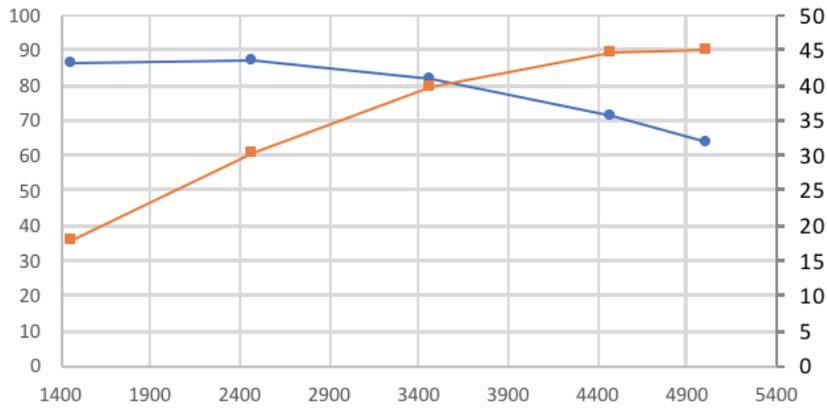
5.2 Eje de levas de rally

Como podemos ver estas son las gráficas que nos dio el eje de levas de rally en relación a torque y potencia.

Podemos ver que el pico más alto de potencia se da a las 5000 rpm y logra alcanzar una potencia de 45 hp aproximadamente, pero a 1400 rpm tenemos una potencia de 18 Hp aproximadamente.

Podemos ver que el torque con el eje levas de rally se mantiene desde las 1400 rpm hasta las 2400 rpm aproximadamente en 86-81 Nm y luego decae a 70 Nm y posterior a 5000 rpm llega a 64 Nm aproximadamente.

Figura 10. *Grafica de eje de levas de rally*



Fuente: Elaboración propia

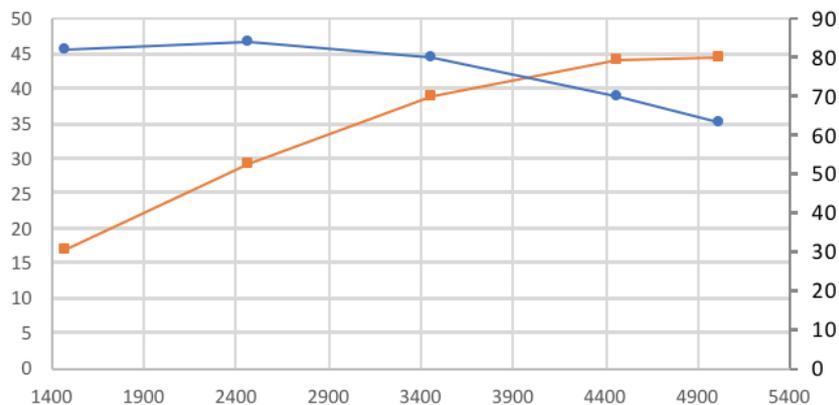
5.3 Eje de levas de circuito.

Como podemos ver estas son las gráficas que nos dio el eje de levas de circuito en relación a torque y potencia.

Podemos ver que el pico más alto de potencia se da a las 5000 rpm y logra alcanzar una potencia de 44 hp aproximadamente.

Podemos ver que el torque con el eje de levas de circuito a 1400 rpm aproximadamente nos da 82 Nm, asciende un a 84 Nm y luego comienza a decaer hasta llegar a 60 Nm a 5000 rpm.

Figura 11. Gráfica de eje de levas de circuito



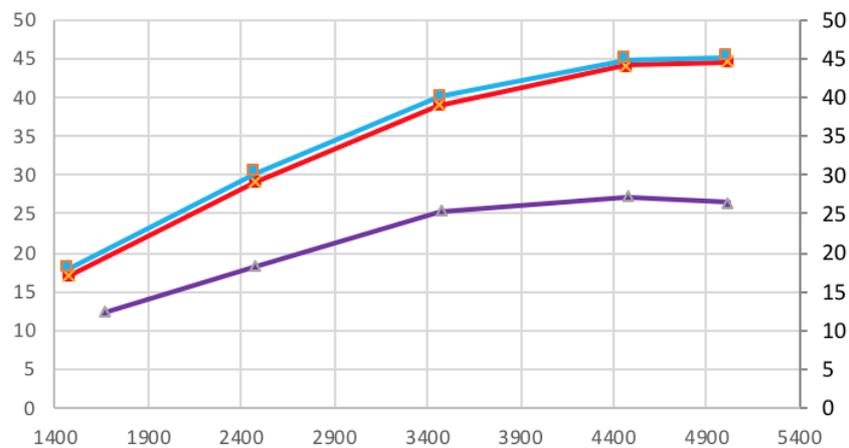
Fuente: Elaboración propia

5.4 Comparacion de potencia de los tres ejes de levas

Como podemos ver en el grafico tenemos tres curvas de potencia que pertenecen a los tres ejes de levas probados en el auto, de color morado es el eje estándar, de color celeste es el eje de rally y de color rojo es el eje de circuitos.

Podemos apreciar que la potencia del eje de levas de rally es superior al eje de levas estándar y circuito

Figura 12. Gráfica de potencia de los tres ejes de levas



Fuente: Elaboración propia

Comparando con el eje de levas estándar podemos verificar que el eje de levas de rally a 1470 rpm tiene mayor potencia que el eje de levas estándar y es de 5.51 hp, y el eje de circuito en relacion a potencia con el eje de levas estandar es de 4.70 hp, y comparando el eje de levas de rally con el de circuito, el de rally tiene 0,81 hp mas que el eje de levas de circuito

Tabla 4. Datos de potencia de los tres ejes probados en el auto.

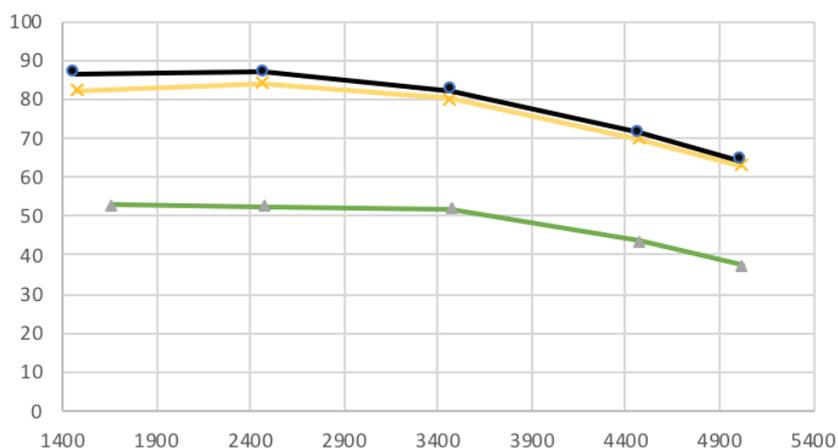
	Estandar	Rally	Circuito
EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECEPwr
RPM	CHP	CHP	CHP
1470	12.34	17.85	17.04
2470	18.25	30.33	29.12
3470	25.36	40	38.92
4470	27.24	44.83	44.02
5016	26.44	45.23	44.56

5.5 Comparacion de torque de los tres ejes de levas

Como podemos ver en el grafico tenemos tres curvas de torque que pertenecen a los tres ejes de levas que probados en el auto, de color verde tenemos el eje de levas estandar, de color negro tenemos el eje de levas de rally y de color amarillo tenemos el eje de levas de circuito.

Podemos apreciar que el torque del eje de rally es mayor a los ejes estándar y circuito.

Figura 13. Gráfica torque de los tres ejes de levas



Fuente: Elaboración propia

Tabla 5. Datos de torque de los tres ejes probados en el auto

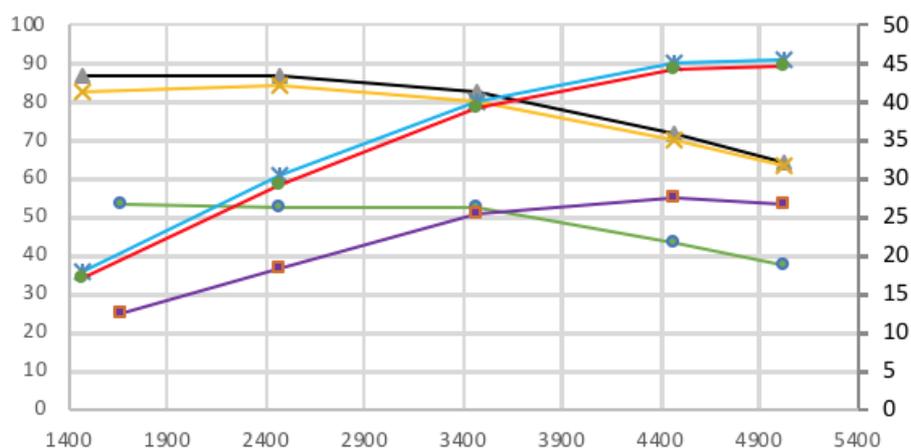
	Estandar	Rally	Circuito
EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECEPwr
RPM	CNm	CNm	CNm
1470	52.8	86.5	82.4
2470	52.6	87	84.1
3470	52	82.1	80
4470	43.4	71.4	70
5016	37.4	64.2	63.1

Comparando con el eje de levas estándar podemos verificar que el eje de levas de rally a 1470 rpm tiene mayor torque que el eje de levas estándar y es de 33.7 Nm, el eje de circuito en relacion a torque con el eje de levas estandar es de 29.6 Nm, comparando el eje de levas de rally con el de circuito, el de rally tiene 4.1 Nm mas que el eje de levas de circuito

5.6 Comparación de torque y potencia de los tres ejes de levas

Como podemos ver en el grafico se puede ver torque y potencia de los tres tipos de ejes de levas en un solo grafico.

Figura 14. Grafica comparativa entre tres ejes de levas.



Nota: Eje estándar: colores verde y morado; Eje de rally: colores negro y celeste; Eje de circuito: colores amarillo y rojo. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6.

Resultados

	Estandar	Rally	Circuito	Estandar	Rally	Circuito
EngSpd	EngSpd	EngSpd	EngSpd	ECEPwr	ECEPwr	ECEPwr
RPM	CHp	CHp	CHp	CNm	CNm	CNm
1470	12.34	17.85	17.04	52.8	86.5	82.4
2470	18.25	30.33	29.12	52.6	87	84.1
3470	25.36	40	38.92	52	82.1	80
4470	27.24	44.83	44.02	43.4	71.4	70
5016	26.44	45.25	44.56	37.4	64.2	63.1

Una vez evaluados los resultados de torque y potencia de las tres diferentes configuraciones de los ejes de levas se aprecian que la configuración para rally es la que presenta el mayor incremento, en el parámetro de potencia aumenta 173% y en el torque es de 171% comparado con la configuración estándar del eje de levas que viene de fábrica.

Podemos ver que a 1470 rpm en potencia el eje de levas estandar obtiene 12.34 hp, el de rally 17.85 hp y el de circuito 17.04 hp, eso nos demuestra que el eje de rally es el que mas potencia tiene en relacion a los otros ejes.

Tambien podemos ver que a 1470 rpm en torque el eje de levas estandar obtiene 52.8 Nm, el de rally 86.5 Nm y el de circuito 82.4 Nm, esto nos demuestra que en torque el eje levas de rally es el que mas tiene.

6. Lista de referencias

Levas Crespo. (s.f.). *El Árbol de Levas*. <https://www.levascrespo.com/el-arbol-de-levas/>

Marco Motorsport. (s.f.). *Árboles de levas de competición*. <http://marco-motorsport.com/49-arboles-de-levas-de-competicion>

SoloMotores. (s.f.). *Lóbulos de Leva*. https://www.solomotores.cl/leva_carrera_1.htm