



Facultad de Ciencia y Tecnología

Tecnología Superior en Electrónica Automotriz

Trabajo de Titulación:

Preparación del motor Suzuki G10 para competencia.

Trabajo previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica
Automotriz

Autores:

Xiomara Ayleen Freire Ibarra

Christian Andrés Ávila Luna

Director:

Ing. Christian Jaramillo

Cuenca – Ecuador

2025

Dedicatoria

A mis padres, por ser mi guía y mi mayor inspiración, por su amor incondicional y su apoyo en cada paso de este camino. A mis hermanas y a mi hermano, por su compañía, sus palabras de aliento y por recordarme siempre la importancia de la familia.

A toda mi familia, por ser mi pilar, por su confianza en mí y por estar siempre presentes en los momentos más importantes de mi vida.

Y a todos mis compañeros, quienes han sido parte fundamental de esta carrera, por las experiencias compartidas, el trabajo en equipo y los aprendizajes que nos han fortalecido a lo largo del camino.

Con gratitud y aprecio este logro es de ustedes también.

-Christian Andrés Ávila Luna –

Este proyecto de titulación está dedicado a mi familia, por su apoyo incondicional por ser mi pilar en cada paso que doy y por motivarme a seguir adelante incluso en los momentos más difíciles.

Especialmente a mi padre por guiarme y creer siempre en mí, por darme la oportunidad de seguir adelante a pesar de muchas complicaciones que se me presentaron en el camino apoyarme sin reservas en cada desafío.

Al taller M93 Motorsport, al Ing. Juan Bustos como su dueño y a todo el personal, quienes fueron una parte fundamental en mi formación. Gracias por abrirme las puertas, por compartir conmigo su conocimiento y experiencia

También al taller MAS MOTOR, al Ing. Pablo Segarra y a todo su equipo, por su valioso apoyo, orientación y confianza durante este proceso.

Y a mis amigos, por alentarme, aconsejarme y motivarme a seguir adelante con constancia y corazón.

-Xiomara Ayleen Freire Ibarra-

Agradecimientos

Dedicamos este trabajo a todas las personas que, de una u otra manera, han sido parte de este camino y han dejado su huella en nuestro crecimiento académico y personal.

A nuestras familias, por su amor incondicional, su paciencia y por ser nuestro pilar en cada desafío. Su apoyo ha sido la base sobre la cual hemos construido este sueño.

A nuestros profesores y tutores, por compartir su conocimiento, guiarnos con su experiencia y brindarnos las herramientas necesarias para desarrollar este proyecto. Su orientación ha sido clave para nuestro aprendizaje.

A nuestros amigos y compañeros, por su compañía en los momentos de cansancio y estrés, por las risas y el ánimo que hicieron que este proceso fuera más llevadero.

Y, sobre todo, a la pasión que sentimos por la mecánica, que nos ha impulsado a superar cada obstáculo y nos ha recordado que con esfuerzo y dedicación, todo es posible.

Este trabajo es el reflejo de nuestro compromiso, esfuerzo y amor por esta profesión.

Con gratitud

Resumen:

El presente trabajo constituye un informe técnico sobre la preparación de un motor Suzuki G10 para competición. Para mejorar su rendimiento, se realizaron diversas adaptaciones como la instalación de pistones más grandes, la rectificación del bloque motor por el daño recibido durante la última competición, y modificaciones en la culata, así dando como resultado un aumento en las revoluciones y un mejor desempeño en el motor.

Como resultado se procedió a verificar el aumento en las revoluciones y la optimización del motor.

Palabras clave: pistones, bloque, motor, culata, revoluciones.

Abstract:

This work is a technical report on the preparation of a Suzuki G10 engine for competition. To improve its performance, several adaptations were made such as the installation of larger pistons, the rectification of the engine block due to the damage received during the last competition, and modifications in the cylinder head, resulting in an increase in revolutions and better engine performance.

As a result, we proceeded to verify the increase in revolutions and the optimization of the engine.

Keywords: pistons, block, engine, cylinder head, revolutions

Índice de contenido

Dedicatoria	i
Agradecimientos.....	ii
Resumen:	iii
Abstract:	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras	vi
1. Introducción	1
2. Objetivos	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos	2
3. Procedimiento.....	3
3.1 Modificaciones	4
3.2 Modificación de relación de compresión y cilindraje del motor	5
3.3 Comparativa de las especificaciones del motor G10.....	6
3.4 Comprobaciones previas al ensamblaje del motor	8
4 Ensamblaje del motor	10
4.1 Preparación y limpieza de componentes.	11
4.2 Instalación del cigüeñal	11
4.3 Instalación de pistones y bielas	12
4.4 Preparación de la culata	13
4.5 Instalación de válvulas.....	13
4.6 Instalación de resortes	14
4.6.1 Calibración de propulsores	14
4.7 Instalación del árbol de leva	17
4.8 Instalación de la culata en el bloque motor	17
4.9 Instalación de la distribución.....	18
5. Ensamblaje	20
5.1 Limpieza del vano motor	20
5.2 Acoplamiento del motor con la caja de cambios al motor	21
5.3 Instalación del motor en el chasis con equipo de elevación	21
5.4 Instalación del sistema de admisión, escape y encendido	22

5.5 Acoplamiento de semiejes a la caja de transmisión	23
5.6 Instalación del sistema de suspensión delantera.....	23
5.7 Conexión del sistema de varillas selectoras de cambios	24
5.8 Instalación de la ECU Haltech Elite 550	24
5.9 Revisión final y arranque.....	25
6. Pruebas en el banco dinamómetro del vehículo modelo Suzuki 1	25
6.1 Metodología aplicada en el dinamómetro	26
6.2 Ajustes manuales con polea variable:.....	28
6.3 Lectura e interpretación del diagrama de potencia en dinamómetro.....	30
7. Importancia del gráfico y resultados:	31
8. Comparación técnica: motor Suzuki G10 original vs modificado	33
9. Interpretación completa del análisis de mezcla 50% Gasolina - 50% Etanol	33
Composición del combustible	33
9.1 Propiedades físico-químicas del combustible (mezcla).....	34
9.2 Combustible por ciclo.....	34
9.3 Masa de aire y requerimientos	35
9.4 Conclusión técnica del análisis de la mezcla 50/50.....	35
10. Conclusiones y Recomendaciones	36
Conclusiones.....	36
Recomendaciones	37
11. Referencias	38

Índice de tablas

Tabla 1 Comparativa de especificaciones del motor G10	7
Tabla 2 Especificaciones del motor G10 con sus comprobaciones	9
Tabla 3 Especificaciones de torque	10
Tabla 4 Resultado de calibración de válvulas.....	17
Tabla 5 Resultados de las pruebas en el dinamómetro	31
Tabla 6 Especificaciones del fabricante del caballaje del motor G10	33
Tabla 7 Propiedades físico-químicas del combustible.....	34
Tabla 8 Combustible por ciclo.....	34
Tabla 9 Masa de aire.....	35
Tabla 10 Total de requerimiento.....	35

Índice de figuras

Figura 1 Bloque motor afectado y culata.....	4
Figura 2 Comprobaciones culata	8
Figura 3 Comprobaciones bloque motor	9
Figura 4 Limpieza de componentes	11
Figura 5 Instalación del cigüeñal	11
Figura 6 Comprobación holgura cojinete y biela	12
Figura 7 Instalación de pistón.....	12
Figura 8 Posición de segmentos en 45ª	13
Figura 9 Instalación de válvulas	13
Figura 10 Instalación de seguros	14
Figura 11 Calibración de propulsores.....	16
Figura 12 Propulsor con mecanismo hidráulico	16
Figura 13 Sistema mecanizado	16
Figura 14 Instalación de árbol de levas	17
Figura 15 Instalación de culata en el bloque motor.....	18
Figura 16 Sincronización de piñones (cigüeñal, árbol de levas)	18
Figura 17 Colocación de la correa de distribución	19
Figura 18 Ajuste de correa de distribución.....	19
Figura 19 Montaje del volante motor	20
Figura 20 Limpieza del chasis	20
Figura 21 Acople de motor con caja de cambios.....	21
Figura 22 Montaje del motor al chasis	21
Figura 23 Instalación de ITBS	22
Figura 24 Instalación de bobinas independientes	22
Figura 25 Instalación de header	22
Figura 26 Acoplamiento de ejes	23
Figura 27 Instalación de suspensión	23
Figura 28 Sistema de varillas selectoras	24
Figura 29 Diagrama de conexión.....	25
Figura 30 Preparación del vehículo en el dyno	26
Figura 31 Conexión del sensor de oxígeno.....	27
Figura 32 Actualización de última versión	27
Figura 33 Calibración de dosificación	28
Figura 34 Corrección final de dosificación	28
Figura 35 Posición PMS de la polea.....	29
Figura 36 Aumento de 2 grados.....	29
Figura 37 Interpretación de diagrama.....	31
Figura 38 Prueba N°1.....	32

1. Introducción

El presente proyecto se centra en la preparación del motor Suzuki G10 con fines competitivos, abordando una serie de modificaciones técnicas cuidadosamente planificadas y ejecutadas con el objetivo de maximizar su desempeño en condiciones de alta exigencia. El motor G10, conocido por su simplicidad, bajo peso y fiabilidad, ha sido históricamente utilizado en vehículos compactos, pero posee un potencial significativo para ser adaptado a contextos de competición cuando se someten sus componentes a modificaciones específicas que eleven su rendimiento.

Esta investigación desarrolla un enfoque de mejora, que parte del análisis del motor en su estado original, para luego aplicar modificaciones secuenciales en elementos clave como el sistema de admisión, escape, tren de válvulas, sistema de encendido, y componentes internos como pistones, bielas y árbol de levas. Estas modificaciones no se realizan de manera aislada, sino que obedecen a un proceso integral de ajuste y puesta a punto, considerando la interacción entre los distintos sistemas del motor y su influencia en el comportamiento dinámico global.

Asimismo, el trabajo no sólo documenta el proceso de transformación del motor G10, sino que también presenta una guía técnica que puede servir de referencia para otros entusiastas, preparadores o equipos que busquen desarrollar motores pequeños con proyección competitiva. Se incluyen datos obtenidos a partir de pruebas comparativas, análisis de rendimiento, y evaluación de mejoras tras cada fase de modificación.

El enfoque adoptado en este proyecto permite demostrar que, mediante una serie de ajustes bien fundamentados, el motor G10 puede superar ampliamente sus prestaciones originales y alcanzar niveles de rendimiento adecuados para enfrentar competiciones de alto nivel. En consecuencia, se espera que este estudio contribuya al conocimiento técnico en el área de la preparación de motores, y fomente la exploración de nuevas posibilidades dentro del ámbito del automovilismo deportivo.

2. Objetivos

2.1. Objetivo General

- Preparar el motor Suzuki G10 para competencia, para mejorar el rendimiento y fiabilidad.

2.2. Objetivos específicos

- ❖ Efectuar la preparación de las partes defectuosas del motor Suzuki G10, asegurando su adecuado desempeño y prolongada vida útil después de las modificaciones implementadas.
- ❖ Restaurar el motor Suzuki G10, garantizando la mejora de sus componentes originales para asegurar un funcionamiento óptimo en competencias de trepada de montaña
- ❖ Realizar evaluaciones operativas para analizar el desempeño del motor luego de las mejoras realizadas.

3. Procedimiento

El daño observado en el cilindro número uno del motor Suzuki G10 es consecuencia de una flotación de válvulas, este fenómeno ocurre cuando las válvulas no logran cerrarse completamente a altas revoluciones específicamente al realizar un salto a alta velocidad. Al perder contacto con el suelo las ruedas motrices, el motor quedó sin carga, permitiendo un aumento abrupto e incontrolado en la velocidad del cigüeñal.

Este exceso de RPM provocó un aumento excesivo de las fuerzas inerciales sobre los componentes internos, particularmente en la biela y el pistón del cilindro uno. La combinación de alta velocidad angular y presión de impacto que generó un colapso mecánico en la unión entre estos elementos, lo que probablemente resultó en el desprendimiento parcial o total del pistón durante el ciclo de combustión. Esto causó el impacto directo del muñón de biela o del mismo pistón desintegrado contra las paredes del cilindro, produciendo rayaduras profundas, desprendimiento del revestimiento y fragmentación del material en esa zona.

Además, es posible que se haya producido una falla en la lubricación momentánea como consecuencia del violento desequilibrio interno, lo que aceleró el desgaste por fricción en esa cámara. La combinación de alta carga mecánica, fatiga del material y deficiencia de lubricación derivó en una destrucción completa del cilindro, volviendo inutilizable ese segmento del bloque motor.

Este tipo de daño es común en motores que no han sido reforzados internamente para soportar condiciones extremas, especialmente si no cuentan con limitadores de revoluciones efectivos o protecciones electrónicas que prevengan el sobre régimen en situaciones como saltos o pérdida de tracción.



Figura 1 Bloque motor afectado y culata

3.1 Modificaciones

A partir de dicha causa se implementó un nuevo bloque motor al que se le realizó la rectificación, modificación del motor y culata, enfocándonos en la incrementación de potencia y torque a bajas revoluciones, a la vez el aumento de cilindrada

Las modificaciones en el motor G10 para competencia fueron la siguiente:

Bloque motor

- Es de material de aluminio
- Se amplió el diámetro de los cilindros a 79 mm y se colocaron pistones del Corsa Wind 1.6.
- Biela de twin cam y con bujes reconstruidos de bronce
- Empaque de sobremedida

Culata

- Culata de Suzuki Forsa 2
- Aumentos de conductos de admisión y escape (2.5mm IN 1.5 mm EX)
- Guías de válvulas de material de bronce
- Propulsores hidráulicos mecanizados
- Rectificación del árbol de levas de 310 °
- Polea variable
- Empaque de amianto
- Bobinas independientes

- Sistema de admisión multimariposa independiente ITB's (cuerpo de aceleración individuales)

3.2 Modificación de relación de compresión y cilindraje del motor

En el presente trabajo se realizó la modificación del motor Suzuki G10, originalmente de 993cm³ y tres cilindros, con el objetivo de aumentar su rendimiento para aplicación en competencia. Se sustituyeron los pistones originales por unos de 79 mm de diámetro provenientes de un Corsa Wind 1.6, manteniendo la carrera original de 77 mm, lo que implicó un cambio significativo en la cilindrada y la relación de compresión del motor.

Cálculo de la cilindrada

Este valor representa una relación de compresión alta, adecuada para un motor destinado a competencias, siempre que se utilicen componentes de alto desempeño y combustible de alto octanaje. Esta configuración permite mejorar la eficiencia volumétrica, el aprovechamiento térmico y el rendimiento en general del motor.

La cilindrada unitaria se calcula utilizando la fórmula del volumen de un cilindro: Vd

$$Vd = \frac{\pi \times (D)^2 \times C}{4}$$

Donde:

D= diámetro del pistón 7.9 cm

C=carrera 7.7 cm

$$Vd = \frac{3.14 \times (7.9)^2 \times 7.7}{4} = 377.6 \text{ cm}^3$$

Dado que el motor tiene 3 cilindros:

Cilindrada total=Vd x 3=1132.8 cm³

Cilindrada total= 1133 cm³

Cálculo de relación de compresión

1. Cálculo del volumen total de la cámara (V_c)

$V_c = \text{Cámara de combustión} + \text{Volumen PMS} + \text{Volumen de la junta}$

$$V_c = 24 + 1 + 7.35 = 32.35 \text{ cm}^3$$

2. Cálculo relación de compresión

$$R_c = \frac{V_d + V_c}{V_c} = \frac{377.6 + 32.35}{32.35} = \frac{409.95}{32.35} \approx 12.67:1$$

Relación de compresión $\approx 12.67:1$

3.3 Comparativa de las especificaciones del motor G10

La siguiente tabla muestra una comparación técnica detallada entre el motor Suzuki G10 en su versión estándar y su configuración adaptada para competencia. El motor original cuenta con alimentación por carburador, una cilindrada de 993 cm³ y una potencia estimada de 40-45 hp, con una relación de compresión de 9.4:1. En contraste, la versión modificada incorpora un Sistema de inyección electrónica multipunto, pistones de mayor diámetro que elevan la cilindrada a 1130 cm³, y una relación de compresión aumentada a 12,6:1. Estas mejoras permiten alcanzar un estimado de 40-42 hp, optimizando notablemente su rendimiento en competencias, especialmente en condiciones de alta exigencia como trepadas de montaña.

Tabla 1 Comparativa de especificaciones del motor G10

Motor G 10 Estándar	Motor G10 Competición
Sistema de alimentación: Carburador	Sistema de alimentación: Inyección multipunto
Tipo de motor: 3 cilindros en línea, refrigerado por agua	Tipo de motor: 3 cilindros en línea, refrigerado por agua
Cilindrada: Aproximadamente 1.0L (993cm ³)	Cilindrada: obtenida 1.13 L (1130 cm ³)
Diámetro x Carrera: 74 mm x 77mm	Diámetro x Carrera: 79 mm x 77mm
Relación de compresión: 9.4:1	Relación de compresión: 12.67:1
Distribución: SOHC (Single Overhead Camshaft) con 6 válvulas	Distribución: SOHC (Single Overhead Camshaft) con 6 válvulas
Potencia máxima: Aproximadamente 44 - 50 caballos de fuerza (hp)	Potencia máxima: 72.1 caballos de fuerza (hp)
Conductos 26-27 mm IN y 22-23 mm EX	Conductos 28.5mm IN y 23.5 mm EX

3.4 Comprobaciones previas al ensamblaje del motor

Culata

- Planicidad en todas las direcciones : Cumple con lo establecido
- Planicidad zona de múltiples:
- Altura de resortes
- Altura lóbulos de leva



Figura 2 Comprobaciones culata

Bloque motor

- Planicidad
- Luz de puntas
- Holgura pistón cilindro
- Holgura de ranura del aro pistón
- Holgura entre cigüeñal y bancada
- Holgura entre pistón bancada



Figura 3 Comprobaciones bloque motor

La presente tabla muestra las mediciones realizadas durante las comprobaciones dimensionales previas al ensamblaje del motor Suzuki G10 modificado para competencia. Se evaluaron parámetros críticos como la planicidad de componentes, altura de lóbulos de levas, apoyos del árbol de levas, holguras entre elementos móviles y otros ajustes que afectan el rendimiento y la fiabilidad del motor.

Es importante destacar que los valores obtenidos pueden diferir significativamente respecto a los estándares originales de fábrica, ya que este motor ha sido modificado con fines competitivos, lo cual implica alteraciones en geometría, materiales y ajustes finos para maximizar la potencia y la respuesta del tren motriz.

Tabla 2 Especificaciones del motor G10 con sus comprobaciones

Comprobaciones	Especificaciones	Resultado	Estado
Planicidad en todas las direcciones	0.05 mm	0.00 in	Tolerancia normal
Planicidad zona de multiples	0.010 (0.004 in)	IN(0.01) EX(0.00)	Torelancia normal
Altura de resortes	49.3 lim	39.46 mm	Fuera de tolerancia
Altura lóbulos de leva	IN (37.500 – 37.400) EX (37.500- 37.400)	IN 1 (41.99) EX 1 (41.50) IN 2 (41.39) EX 2 (40.53) IN 3 (40.80) EX 3 (41.09)	Fuera de tolerancia (lóbulos modificados para competición)

Altura de apoyos de arbol de leva	----- -----	Apoyo 1 (29.34) Apoyo 2 (29.40) Apoyo 3 (25.96)	Tolerancia normal
	Bloque motor		
Planicidad		0.00	Tolerancia normal
Luz de puntas	(0.20-0.7mm) (0.0079-0.0275)	0.008in (todos los rines)	Tolerancia normal
Holgura de piston cilindro	(0.02 -0.04mm) (0.0008-0.0015 in)	0.00in	Tolerancia normal
Holgura de ranura del aro piston	(0.03 -0.07mm) (0.0012-0.0025in)	0.00 in	Tolerancia normal

4 Ensamblaje del motor

La siguiente tabla presenta los valores de torque aplicados en los principales componentes del motor Suzuki G13 durante su ensamblaje, incluyendo tuercas de sombrerete, bielas, pernos del volante y cojinetes. Estos valores aseguran la correcta sujeción mecánica de los elementos críticos, evitando deformaciones o fallos estructurales.

El apriete debe realizarse siguiendo una secuencia de adentro hacia afuera, distribuyendo uniformemente las cargas y garantizando una adecuada planicidad en las superficies de contacto. Para ello, es indispensable utilizar una llave dinamométrica calibrada, aplicando el torque en dos etapas hasta el valor final recomendado por el fabricante.

Tabla 3 Especificaciones de torque

Componente	Torque (N.m)
Par de apriete para tuercas de sombrerete	63-70
Bielas	25-30
Par apriete para cabeza de biela	50-57
Par apriete de pernos del volante motor	57-65
Bomba de agua	10-13
Carter	4-5
Par apriete del perno central	56-64

4.1 Preparación y limpieza de componentes.

- Identificar e inspeccionar visualmente los componentes.
- Lavar todas las piezas con solvente desengrasante para eliminar residuos de aceite y suciedad.
- Soplar con aire comprimido para eliminar partículas.
- Revisar visualmente cada pieza en busca de desgaste, grietas o defectos.

Como podemos verificar en la Figura # 4, al momento de realizar la limpieza e identificación de todos los componentes pudimos ver que estaban en buenas condiciones para el ensamblaje.



Figura 4 Limpieza de componentes

4.2 Instalación del cigüeñal

- Colocar los cojinetes principales en el bloque y sus tapas correspondientes.
- Aplicar aceite de ensamblaje en los cojinetes.
- Asentar el cigüeñal en su posición asegurándose de que gire libremente.
- Colocar las tapas de bancada en orden, apretar los tornillos con una precarga y luego torquear según especificaciones.



Figura 5 Instalación del cigüeñal

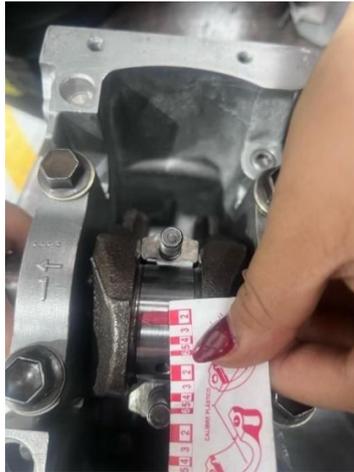


Figura 6 Comprobación holgura cojinete y biela

4.3 Instalación de pistones y bielas

- Colocar los anillos de pistón en sus segmentos respectivos respetando el orden (fuego, compresión y aceite).
- Alinear las aberturas de los anillos en 45 ° para evitar fugas de compresión.
- Lubricar el cilindro con aceite y usar un compresor de anillos para insertar el pistón en su cilindro.
- Asegurar que la marca de orientación del pistón esté en la dirección correcta (normalmente, la flecha o marca va hacia el frente del motor).
- Unir la biela con su muñón del cigüeñal y apretar las tapas con su respectivo par de apriete (40-45 Nm).



Figura 7 Instalación de pistón

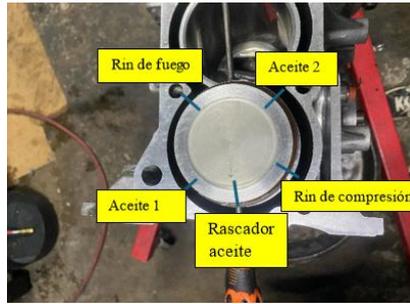


Figura 8 Posición de segmentos en 45ª

4.4 Preparación de la culata

- Limpiar la culata con solvente desengrasante y aire comprimido.
- Revisar que no haya grietas, deformaciones o desgaste en los conductos de refrigeración y aceite.

4.5 Instalación de válvulas

- Verificar que las válvulas no tengan desgaste excesivo o daño en los asientos.
- Revisar el estado de las guías de válvulas en este caso fueron ya insertadas por la rectificadora ya que son especiales de un material bronce fosfórico
- Lubricar el vástago de cada válvula con aceite de ensamblaje.
- Insertar cada válvula en su guía correspondiente (admisión y escape).



Figura 9 Instalación de válvulas

4.6 Instalación de resortes

- Colocar los retenes de válvulas sobre las guías (usando una herramienta adecuada para evitar daños).
- Asentar los resortes de válvula en su posición.
- Comprimir los resortes con un compresor de válvulas e instalar los seguros.
- Soltar lentamente la herramienta y verificar que los seguros queden correctamente asentados.



Figura 10 Instalación de seguros

4.6.1 Calibración de propulsores

- Para permitir un control preciso del calado del árbol de levas en función de los requerimientos del motor en condiciones de competencia, se incorporaron propulsores hidráulicos mecanizados (taques hidráulicos modificados) junto con una polea variable en el árbol de levas.
- Este sistema tiene como objetivo optimizar el avance o retardo de la apertura de válvulas, permitiendo así una mejor respuesta del motor en distintos regímenes de operación. La instalación de la polea variable habilita la modificación manual del calado, lo cual es fundamental durante las pruebas en el dinamómetro para encontrar el punto óptimo de torque y potencia.

Pasos realizados

1. Ubicación del árbol de levas en cruce de válvulas del cilindro uno:

Con el cabezote en banco, se colocó el árbol de levas en la posición correspondiente al cruce de válvulas del primer cilindro, es decir, cuando la válvula de escape aún no termina de cerrar y la de admisión empieza a abrir. Este punto es ideal para observar el comportamiento de los taques en una fase crítica del ciclo.

2. Medición de holguras con un juego de galgas:

Se utilizó un juego de galgas calibradas para medir la distancia entre los balancines y los extremos de los taques, evaluando así la holgura real existente. Esta medición permitió establecer si el taque instalado proporcionaba una precarga adecuada o si era necesario reemplazarlo.

3. Sustitución y selección de propulsores según la medida deseada:

En función del resultado de la medición, se fueron cambiando los taques por otros mecanizados con alturas distintas. Este ajuste milimétrico permitió acercarse a la precarga óptima (cero holgura) necesaria para el correcto funcionamiento del sistema hidráulico en condiciones de competencia.

4. Repetición del proceso en todos los cilindros:

Una vez calibrado el cilindro 1, se procedió a posicionar el árbol de levas en cruce para cada uno de los cilindros (siguiendo el orden de encendido), repitiendo el proceso de medición con galgas y cambio de taques hasta lograr uniformidad

5. Verificación general del tren de válvulas:

Al finalizar el ajuste de todos los cilindros, se giró el árbol de levas manualmente para verificar que todas las válvulas abrían y cerraban correctamente sin interferencias. Se confirmó así que los taques mantenían contacto constante con los balancines, sin juego ni presión excesiva.



Figura 11 Calibracion de propulsores



Figura 12 Propulsor con mecanismo hidráulico



Figura 13 Sistema mecanizado

Tabla 4 Resultado de calibración de válvulas

Cilindros	Especificación Admisión /Escape	Admisión	Escape	Resultado
Cilindro 1	0.08-0.10 mm	0.08	0.08	Tolerancia normal
Cilindro 2		0.08	0.08	Tolerancia normal
Cilindro 3		0.08	0.08	Tolerancia normal

4.7 Instalación del árbol de leva

- Lubricar los apoyos del árbol de levas con aceite de ensamblaje.
- Colocar el árbol de levas en su alojamiento en la culata.
- Instalar los cojinetes del árbol de levas y apretar los pernos con el torque especificado (25 Nm).



Figura 14 Instalación de árbol de levas

4.8 Instalación de la culata en el bloque motor

- Limpiar la superficie del bloque y la culata con solvente.
- Colocar la nueva junta de culata asegurando que los conductos coincidan.
- Colocar la culata sobre el bloque y alinear los pasadores de guía.
- Instalar los pernos de culata en orden secuencial y realizar el apriete



Figura 15 Instalación de culata en el bloque motor

4.9 Instalación de la distribución

4.9.1 Posicionamiento de cigüeñal y árbol de levas

- Girar el cigüeñal hasta que el pistón del cilindro #1 esté en PMS (punto muerto superior) en su tiempo de compresión.
- Alinear la marca del piñón del cigüeñal con la referencia en el bloque del motor.
- Alinear la marca del piñón del árbol de levas con la referencia en la culata.



Figura 16 Sincronización de piñones (cigüeñal, árbol de levas)

4.9.2 Instalación de correa de la distribución

- Colocar la correa en el piñón del cigüeñal asegurando que los dientes coincidan.
- Montar la correa sobre el piñón del árbol de levas, manteniendo la tensión del lado de la correa que no tiene el tensor.
- Pasar la correa sobre el rodillo tensor y asegurarse de que quede bien asentada en todos los dientes.



Figura 17 Colocación de la correa de distribución

4.9.3 Verificación de sincronización y ajuste de la tensión de la correa

- Aflojar el tensor de la correa para que aplique presión de forma automática.
- Verificar la tensión presionando la correa en la parte más larga: debe moverse aproximadamente 10-12 mm.
- Ajustar el perno del tensor con el torque especificado (35-40 Nm).
- Girar manualmente el cigüeñal dos vueltas completas en sentido horario.
- Comprobar que las marcas de sincronización del cigüeñal y árbol de levas sigan alineadas.



Figura 18 Ajuste de correa de distribución

4.9.4 Instalación del volante motor

- Revisión de los pernos y limpieza de los mismos
- Colocación de los pernos y ajuste al torque especificado (70 Nm)

Para concluir el ensamblaje del motor se tuvo que hacer la verificación de los pernos del volante motor para proceder con el montaje como se evidencia en la Figura # 15



Figura 19 Montaje del volante motor

5. Ensamblaje

5.1 Limpieza del vano motor

Previo a la instalación, se procedió a la limpieza integral del vano motor (compartimiento donde se aloja el motor), ya que presentaba limallas metálicas, residuos de aceite y restos de material del bloque anterior dañado. Este procedimiento se realizó mediante el uso de desengrasantes industriales y aire a presión, garantizando así un entorno libre de contaminantes que pudieran comprometer el funcionamiento del nuevo propulsor.



Figura 20 Limpieza del chasis

5.2 Acoplamiento del motor con la caja de cambios al motor

Con el motor fuera del vehículo, se realizó el acoplamiento del conjunto motriz con la caja de cambios manual de 5 velocidades, verificando el correcto centrado del disco de embrague mediante un centrador mecánico. Posteriormente, se alinearon y fijaron ambas piezas utilizando pernos tratados térmicamente, aplicando el par de apriete especificado por el fabricante.



Figura 21 Acople de motor con caja de cambios

5.3 Instalación del motor en el chasis con equipo de elevación

Utilizando una grúa hidráulica tipo pluma, se introdujo el conjunto motor–transmisión al vano motor. Durante esta maniobra se verificó la correcta alineación de los soportes de motor con los anclajes del subchasis, instalando los tacos de motor de poliuretano de alta resistencia para soportar el aumento de torque generado por la preparación del motor.



Figura 22 Montaje del motor al chasis

5.4 Instalación del sistema de admisión, escape y encendido

Con el motor ya posicionado en el chasis, se procedió a instalar el sistema de admisión individual compuesto por ITBs (Individual Throttle Bodies), los cuales fueron acoplados mediante un múltiple de admisión adaptado. Posteriormente, se instaló el colector de escape tubular tipo header diseñado para mejorar el flujo de gases. Finalmente, se integró el sistema de encendido independiente tipo (AEM), eliminando el distribuidor convencional. Las bobinas se ubicaron directamente sobre la tapa de válvulas, y se conectaron a la ECU programable mediante un ramal eléctrico específico para competencia.



Figura 23 Instalacion de ITBS

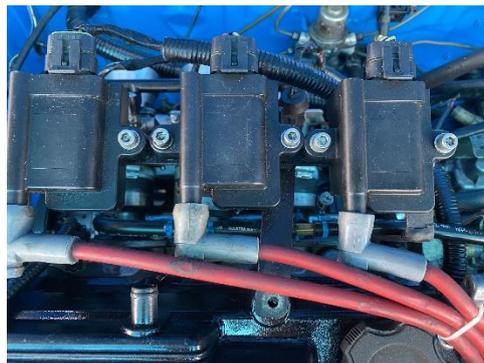


Figura 24 Instalación de bobinas independientes



Figura 25 Instalación de header

5.5 Acoplamiento de semiejes a la caja de transmisión

Una vez fijado el conjunto motriz, se instalaron los semiejes homocinéticos en los alojamientos de la transmisión, asegurando su fijación mediante los seguros internos tipo circlip. Se verificó el libre movimiento de las juntas homocinéticas internas y externas, asegurando así una correcta transferencia de torque a las ruedas delanteras.



Figura 26 Acoplamiento de ejes

5.6 Instalación del sistema de suspensión delantera

Se realizó la colocación del sistema de suspensión delantera, asegurando los brazos inferiores, manguetas y amortiguadores en sus respectivos puntos de anclaje. Este paso permitió estabilizar el conjunto motriz y alinear correctamente los elementos de dirección y tracción previos al montaje de los semiejes.



Figura 27 Instalación de suspensión

5.7 Conexión del sistema de varillas selectoras de cambios

Se procedió a la instalación y acoplamiento del sistema de varillaje selector de marchas, compuesto por las varillas selectoras que conectan directamente la palanca de cambios con el mecanismo interno del selector de la caja de transmisión. Este sistema, al ser mecánico, requiere un ajuste preciso para garantizar un paso de marchas fluido y evitar desenganches en competencia. Se verificó el estado de las rótulas terminales, se lubricaron las articulaciones y se alinearon las varillas para asegurar el correcto funcionamiento del sistema en todas las posiciones de cambio, incluyendo la reversa.



Figura 28 Sistema de varillas selectoras

5.8 Instalación de la ECU Haltech Elite 550

a) Conexiones principales:

- Sensor TPS
- Sensor MAP (interno o externo)
- Sensor IAT (temperatura de aire)
- Sensor ECT (temperatura del refrigerante)
- Sonda Lambda (Wideband, por CAN)
- Inyectores (secuencial o batch)
- Bobinas de encendido (COP o distribuidor modificado)
- Crank sensor (sensor de posición de cigüeñal, 36-1 u otro)
- Relé principal y relé de bomba de combustible

Pasos:

1. Instalación del arnés Haltech universal o custom.
2. Ruteo del cableado con protección térmica y sujeción.
3. Conexión de la laptop con el software Haltech ESP.
4. Configuración del motor: número de cilindros (3), tipo de sensor de disparo, tipo de inyección
5. Primera calibración: encendido, AFR base, avance de encendido y mapa de arranque.

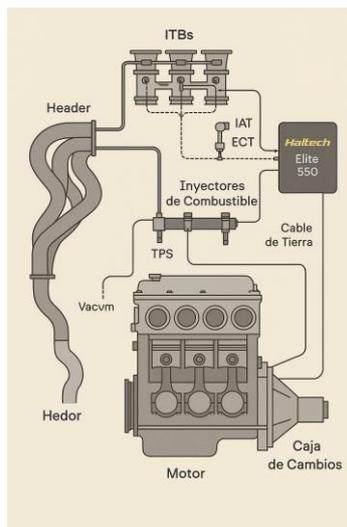


Figura 29 Diagrama de conexión

5.9 Revisión final y arranque

- Verificación de todos los conectores.
- Chequeo de alimentación de 12V y masa para ECU.
- Revisión de presión de combustible.
- Arranque con mapa base de Haltech.
- Monitoreo en tiempo real de parámetros (RPM, AFR, temperatura).
- Ajustes básicos para ralentí, respuesta del acelerador y encendido.

6. Pruebas en el banco dinamómetro del vehículo modelo Suzuki 1

Con el objetivo de validar las modificaciones realizadas al motor Suzuki G10 y optimizar su desempeño para competencia, se llevaron a cabo pruebas en un banco dinamométrico de chasis. Estas pruebas permiten medir en condiciones controladas los parámetros reales

de entrega de potencia y torque, así como evaluar el impacto de los cambios efectuados en el sistema de distribución, admisión, escape y calibración general del motor.

Objetivo de las pruebas:

- Verificar el comportamiento dinámico real del motor tras las modificaciones internas.
- Determinar el rango óptimo de calado del árbol de levas con la polea variable.
- Ajustar parámetros manuales y mecánicos para lograr la mejor entrega de torque y potencia según las exigencias de competencia (trepadas de montaña).
- Detectar posibles puntos de pérdida de eficiencia o desbalance en la entrega de potencia.



Figura 30 Preparacion del vehículo en el dinamómetro

6.1 Metodología aplicada en el dinamómetro:

Preparación del vehículo y banco:

- Se montó el vehículo sobre el dinamómetro de chasis asegurando las ruedas motrices.
- Se conectó el sensor de oxígeno para registrar la cantidad de oxígeno que tiene en los gases del escape que ayuda a la ECU al momento de optimizar la mezcla aire-combustible
- Se verificó la correcta fijación del motor, presión de neumáticos y alineación para evitar errores en la medición.



Figura 31 Conexión del sensor de oxígeno

Sincronización base del motor:

- Se inició con el calado neutro del árbol de levas, usando la polea variable en su posición central.
- Se cargó el mapa base de pruebas se mantuvo punto de mezcla estándar para iniciar pruebas.
- Actualizamos la última versión (12.1 lexus) de la computadora Haltech 550

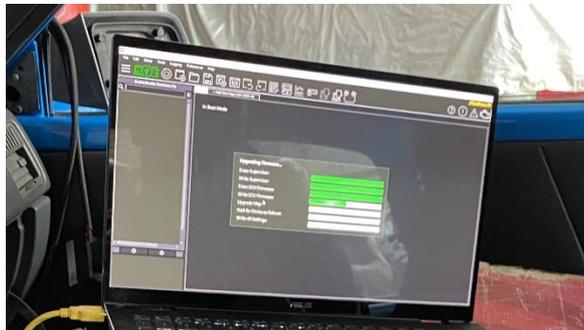


Figura 32 Actualización de última versión

Primeras pruebas de medición:

- Se realizaron lanzamientos progresivos desde bajas rpm hasta el corte, regulando la dosificación de mezcla de aire-gasolina.
- Se observaron curvas irregulares o zonas planas que indicaron desajustes de mezcla, las cuales fuimos corrigiendo progresivamente

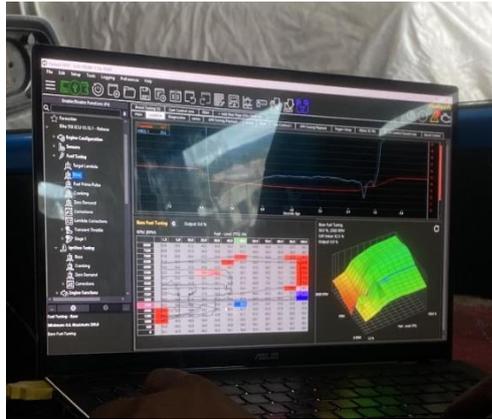


Figura 33 Calibración de dosificación

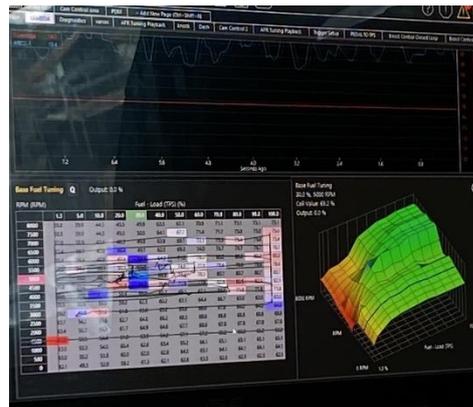


Figura 34 Corrección final de dosificación

- Una vez hecha dichas correcciones procedemos a sacar toda la gasolina del auto y poner nueva gasolina con una mezcla de %50 de etanol, es decir 2 a 2. Llegamos a esta conclusión mediante la compresión y desarrollo del motor, el cual nos dio resultados óptimos

6.2 Ajustes manuales con polea variable:

Se ajustó manualmente el calado del árbol de levas mediante la polea variable.

Procedimiento de calado:

1. Motor en PMS del cilindro 1

Se colocó el motor en PMS de compresión del cilindro 1 utilizando marcas de referencia en la polea del cigüeñal y el bloque.



Figura 35 Posición PMS de la polea

2. Alineación inicial del árbol de levas:

Con el árbol de levas en posición neutral, se montó la polea variable, dejando los tornillos de sujeción apenas ajustados para permitir movimiento.

3. Variación del calado (avance o retardo)

Se realizaron ajustes manuales girando levemente la polea hacia adelante o atrás (avance o retardo del calado), lo cual cambia el momento en que se abren las válvulas respecto al PMS.

Avance del árbol de levas: mejora el torque a bajas/mid RPM.



Figura 36 Aumento de 2 grados

4. Fijación y prueba en el dinamómetro

Una vez realizado el ajuste deseado, se apretaron los tornillos de la polea, se realizó la prueba en dinamómetro, y se observó el impacto en la curva de potencia y torque.

5. Repetición del proceso hasta encontrar el punto óptimo:

Se realizaron varias pruebas ajustando el calado en pequeños intervalos ($2^\circ, +2^\circ$) para comparar resultados y elegir el punto de calado ideal para la exigencia del motor.

6. Análisis térmico y comportamiento mecánico:

- Durante las pruebas se monitorearon temperaturas del motor, sonidos anormales o comportamientos mecánicos inestables que pudieran indicar fatiga, sobrecarga o detonación.
- Este monitoreo permitió ajustar la puesta a punto y asegurar que el motor trabaja en rangos seguros durante la exigencia.

6.3 Lectura e interpretación del diagrama de potencia en dinamómetro

Durante las pruebas en dinamómetro, el sistema genera un gráfico en tiempo real que muestra el comportamiento del motor a lo largo de un barrido completo de RPM. Este gráfico permite evaluar visualmente cómo responde el motor a los ajustes realizados.

Lo que muestra el diagrama en la pantalla

- Eje horizontal (X): Revoluciones por minuto (RPM), normalmente desde 1000 hasta 7000 RPM.
- Eje vertical izquierdo (Y): Potencia (caballos de fuerza – HP).
- Eje vertical derecho (Y): Torque (Newton metro – Nm o libras pie – lb·ft).
- Curva azul o roja: Representa la potencia a lo largo de las RPM.
- Curva verde o amarilla: Representa el torque generado por el motor.
- Pico de potencia: El punto más alto de la curva de potencia indica a qué RPM el motor entrega su máxima potencia.
- Pico de torque: La parte más alta de la curva de torque muestra en qué rango de RPM el motor tiene mayor fuerza.

Interpretación de diagrama

- Una curva de torque ancha y alta en rango medio indica buen rendimiento para subida y tracción (ideal para trepadas).
- Una curva de potencia picuda en altas RPM indica mejor rendimiento en velocidad máxima (ideal para pista).

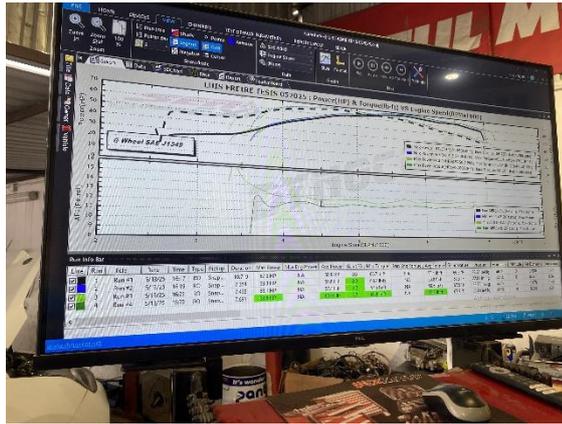


Figura 37 Interpretación de diagrama

7. Importancia del gráfico y resultados:

Este diagrama permite visualizar el efecto real de cada modificación y tomar decisiones de ajuste precisas. En el caso del G10, se utilizó como guía para seleccionar el mejor calado del árbol de levas, asegurando que el motor entregue la mayor fuerza útil en el rango de trabajo específico para competencia.

Tabla 5 Resultados de las pruebas en el dinamómetro

Run	Potencia max(hp)	rpm potencia	Torque max (Nm)	Rpm torque	Grado de calado
1	67.3 HP	5650	90.5	4750	0° PMS
2	69.3 HP	5700	93.2	4700	+2°
3	68.1 HP	5750	91.7	4750	+2
4	68.8 HP	5700	93.4	4700	-1°
5	68.5 HP	57.50	92.1	4800	+1
6	68.9 HP	5800	93.7	4750	+3°
7	70.3 HP	5700	95.8	4700	3°
8	71.3 HP	5650	72.4	4700	3°
9	71.9 HP	5650	72.8	4700	+1°
10	72.2 HP	5700	74.1	4650	1°

- Luego de realizar una serie de pruebas dinamométricas, se obtuvo el resultado óptimo de la corrida 10, alcanzando el mayor valor de potencia y torque de todo el proceso de medición. Este resultado representa el caballaje final del proyecto, correspondiente al motor optimizado bajo condiciones específicas del banco de pruebas.

Potencia máxima: 72.2 HP 5700RPM

Torque máximo: 100.5 Nm 4650 RPM

Condiciones ambientales: 72.2kPa, 20.4°C, 42 % humedad relativa

Corrección SAE aplicada estándar: SAE J1349

- Este resultado se considera representativo del rendimiento final alcanzado en el motor Suzuki G10 preparado para competencia, y demuestra un incremento significativo respecto a sus valores originales de fábrica

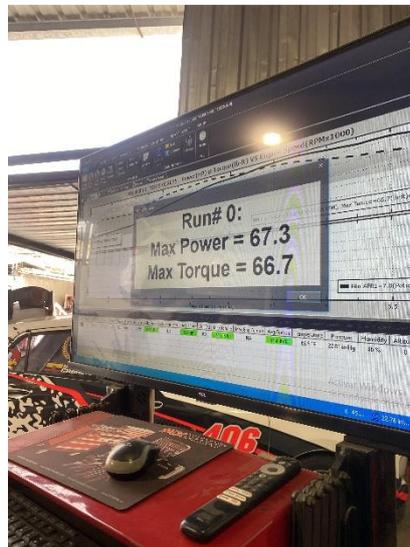


Figura 38 Prueba N°1

8. Comparación técnica: motor Suzuki G10 original vs modificado

Especificaciones originales de fábrica – Suzuki G10 (1.0L, 3 cilindros)

Según datos oficiales de fabricante y catálogos técnicos de vehículos que equiparon el G10 (como el Chevrolet Sprint o Geo Metro), el motor G10 tiene las siguientes especificaciones:

Tabla 6 Especificaciones del fabricante del caballaje del motor G10

Variante	Sistema de alimentación	Potencia (HP)	Torque (lb.ft)
G10 carburador	Carburador	48 HP, 5,100 RPM	54lb.ft 3000RPM
G10 EF1(TBI)	Inyección multipunto	55-60HP , 5700RPM	59-63 lb.ft 3200RPM

Conclusión técnica

Comparando los valores originales de fábrica del motor G10 con los resultados actuales: Se ha logrado un incremento aproximado de +25 HP respecto a la potencia de fábrica en rueda (72.8 HP vs 48 HP).

El torque ha mejorado en cerca de +27.12 Nm, pasando de 54 a 100.5 Nm

Este aumento representa una mejora del 50% en potencia y más del 35% en torque, lo cual es significativo para un motor de aspiración natural.

La curva de potencia y torque también muestra una entrega más alta y sostenida en el rango medio-alto de revoluciones, lo cual indica un aprovechamiento eficiente de la mezcla aire-combustible y mejoras en la respiración del motor.

9. Interpretación completa del análisis de mezcla 50% Gasolina - 50% Etanol

Datos del motor

- **Cilindrada total:** 1,133 litros
- **Número de cilindros:** 3
- **Altitud de trabajo:** 2550 msnm
- **Densidad del aire:** 0,94 kg/m³ (reducida por la altitud)

Composición del combustible

- 50% Gasolina (volumen)
- 50% Etanol (volumen)

Esto da como resultado una mezcla balanceada que modifica las propiedades térmicas, químicas y de octanaje del combustible final.

9.1 Propiedades físico-químicas del combustible (mezcla)

Tabla 7 Propiedades físico-químicas del combustible

Parámetro	Gasolina	Etanol	Mezcla resultante
Densidad (kg/L)	0.715	0.789	0.752
Octanaje RON	95	110	102.87
Poder calorífico (MJ/kg)	44	26	34.56
Relación estequiométrica aire/combustible	14.7	9	11.71

Interpretación:

- Densidad: Al aumentar respecto a la gasolina, mejora el volumen de energía por litro inyectado.
- Octanaje elevado: La mezcla alcanza un RON de 102,87, lo que permite mayores presiones de compresión sin detonación, ideal para un motor modificado para competición.
- Poder calorífico: Es intermedio, lo que representa una eficiencia térmica aceptable y evita pérdidas significativas de potencia.
- Relación estequiométrica más rica: Al necesitar menos aire para una combustión completa, es una ventaja clara en altura, donde el oxígeno escasea.

9.2 Combustible por ciclo

Tabla 8 Combustible por ciclo

Parámetro	Gasolina	Etanol	Mezcla
Cantidad de combustible (kg/ciclo)	0.07245	0.11834	0.09095
Energía por ciclo (MJ/ciclo)	3.188	3.077	3.143

Interpretación:

- A pesar de tener un poder calorífico inferior, la mezcla entrega una energía por ciclo solo un 1,4% menor que la gasolina pura, lo cual es muy eficiente considerando los beneficios del etanol.

- Se obtiene una buena cantidad de energía sin sacrificar estabilidad ni generar detonación.

9.3 Masa de aire y requerimientos

Tabla 9 Masa de aire

Tipo de aire requerido	Valor (Kg)
Aire gasolina	5.25
Aire para etanol	3.55
Total aire para la mezcla	8.80

Tabla 10 Total de requerimiento

Parámetro	Valor
Masa de aire por ciclo	1.06
Masa de aire por cilindro	0.35

Interpretación:

- La cantidad total de aire requerida se ajusta bien a la disponibilidad de oxígeno a 2550 msnm.
- La mezcla demanda menos aire que la gasolina pura, lo que representa una ventaja operativa en zonas de altura como Cuenca, Quito o Salinas.

9.4 Conclusión técnica del análisis de la mezcla 50/50

- Octanaje elevado (102,87 RON): Ideal para motores modificados con mayores relaciones de compresión y uso en competición.
- Buen poder calorífico (34,56 MJ/kg): Compromiso aceptable entre energía entregada y estabilidad.
- Relación estequiométrica más rica (11,71): Requiere menos aire, ayudando a compensar la menor densidad de oxígeno por la altitud.
- Densidad del combustible (0,752 kg/L): Mejora el rendimiento volumétrico en el sistema de alimentación.
- Energía por ciclo (3,143 MJ): Se mantiene en un nivel competitivo y suficiente para competencias como trepada de montaña.

10. Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- La modificación del motor Suzuki G10 demostró ser viable y eficiente para competencias de trepada, siempre que se realice un trabajo minucioso en cada etapa, desde la elección de componentes hasta la calibración final.
- El uso de pistones de mayor diámetro (Corsa Wind 1600) aumentó la cilindrada y mejoró la compresión, lo cual se traduce en una entrega de torque más sólida en bajas y medias RPM, ideal para pruebas de montaña.
- La implementación de una polea variable en el árbol de levas permitió optimizar el cruce de válvulas según el comportamiento deseado del motor, y demostró la importancia del calado como herramienta de ajuste fino para rendimiento.
- La calibración de taqués hidráulicos mediante el cambio de propulsores mecanizados fue fundamental para lograr la holgura exacta, asegurando un funcionamiento limpio, sin ruidos ni pérdida de potencia, especialmente al trabajar con el cabezote desmontado.
- Las pruebas en dinamómetro confirmaron que las decisiones tomadas en la preparación fueron acertadas, aunque el proceso implicó ensayo, error y sobre todo paciencia y precisión.
- Este proyecto no solo implicó conocimiento técnico, sino también resiliencia, organización y trabajo artesanal, cualidades necesarias para cualquier preparación seria de motores de competencia.

Recomendaciones

- Antes de modificar un motor, se debe tener claridad en el objetivo: uso callejero, circuito, trepada, etc. Cada decisión técnica debe responder a ese propósito para evitar errores o gastos innecesarios.
- El calado del árbol de levas no debe realizarse de forma visual o aproximada. Es fundamental utilizar herramientas de medición precisas, como el reloj comparador y el transportador de grados. Aunque el proceso deba repetirse varias veces, es esencial garantizar una alineación exacta para un rendimiento óptimo del motor
- Es recomendable armar el motor con el cabezote afuera si se planea mecanizar los propulsores o ajustar holguras. Esto brinda mayor control y visibilidad del trabajo realizado.
- Documentar cada paso del proceso, incluyendo fallos, es vital. No solo sirve como referencia para futuras preparaciones, sino que también permite entender mejor cómo responde el motor a cada ajuste.
- No subestimar el dinamómetro. Las pruebas no solo son para ver números, sino para comprender cómo se comporta el motor en diferentes calados o configuraciones. Cada curva cuenta una historia técnica.
- Creer en el trabajo propio. Este tipo de proyectos enseñan más que una clase o libro: enseñan a confiar en el proceso, a fallar sin frustrarse y a celebrar cada pequeño avance como parte del crecimiento profesional y personal.

11. Referencias

- Haynes Publishing Group. (2000). Suzuki Swift & Chevrolet Metro Automotive Repair Manual (1989-2001). Haynes Manuals N. America. ISBN: 9781563923785
- General Motors Powertrain. (1997). Engine Mechanical - G10 Engine Specification Sheet (Geo Metro 1.0L). GM Technical Service Bulletin Archive.
- Suzuki Motor Corporation. (1993). Suzuki Swift Service Manual (1989–1994 Models, G10 Engine). Suzuki Motors Technical Publication Division.
- Automobile Catalog. (n.d.). 1994 Suzuki Swift GA 3-door (G10 Engine Specs). Recuperado de <https://www.automobile-catalog.com/>
- Carfolio. (n.d.). Suzuki Swift G10 Engine Specifications. Recuperado de <https://www.carfolio.com/specifications/models/car/>
- Heywood, J. B. (1988). Internal combustion engine fundamentals. McGraw-Hill Education.
- Stone, R. (2012). Introduction to internal combustion engines (4th ed.). Palgrave Macmillan.
- Ganesan, V. (2011). Internal combustion engines (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Bosch. (2004). Manual de tecnología del automóvil. Ediciones Reverté.
- Taylor, C. F. (1985). The internal-combustion engine in theory and practice: Vol. 1. Thermodynamics, fluid flow, performance (2nd ed.). MIT Press.
- Crouse, W. H., & Anglin, D. L. (1993). Automotive engines: Theory and servicing (6th ed.). McGraw-Hill.
- Haltech. (2020). Haltech Elite 550 ECU User Manual. Haltech Engine Management Systems.
- Duffy, J. E. (2014). Modern automotive technology (8th ed.). Goodheart-Willcox.
- Nunney, M. J. (2006). Light and heavy vehicle technology (4th ed.). Butterworth-Heinemann.
- Zaninelli, D. (2018). Mecánica de motores de competición. Ediciones Técnicas
- Suzuki Motor Corporation. (1990). Service manual: Suzuki SA310/SF310 (G10 engine). Suzuki Motor Corporation Technical Publications Division.