

Obtención de las propiedades mecánicas de un cabezote, biela y pistón de motor mono-cilindrico de dos tiempos 100cc, aplicando ingeniería inversa



Obtaining the mechanical properties of a head, connecting rod and piston of a 100cc two-stroke mono-cylinder engine, applying reverse engineering

Víctor David Bravo Morocho.¹ & Edison Patricio Abarca Pérez.² Miguel Angel Escobar Guachambala.³

Recibido: 22-05-2020 / Aceptado: 12-06-2020 / Publicado: 03-07-2020

Abstract.

DOI: <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1352>

Obtaining the mechanical properties from reverse engineering or technological disaggregation of automotive parts and pieces allows us to know first-hand the chemical composition, structure, hardness, geometry, among others, that facilitate the design and manufacturing process in this particular case of a prototype connecting rod, piston and stub head, which are part of a 100cc two-stroke engine. For this purpose, both national and international standards have been considered to standardize the processes and that the results are comparable with related research, these standards being: ASTM E10-01 (Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials), ASTM E18-03 (Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials), ASTM E3 - 01 (Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens), ASTM E407 - 07 (2015) e1 (Standard Practice for Microetching Metals and Alloys), ASTM E1251 - 17a (Standard Test Methods for Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Spark Atomic Emission Spectrometry), ASTM E350 - 18 (Standard Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot

¹ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador, victor.bravo@esPOCH.edu.ec

² Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador, edison.abarca@esPOCH.edu.ec

³ Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Mecánica, Riobamba, Ecuador, maescobar@esPOCH.edu.ec

Iron, and Wrought Iron) . For the particular case of the motor head, the following results are obtained: composition: 19.53% Silicon, 1, 798% Copper and 76.12% Aluminum (hypoeutectic composition), and quickly tempered in water, which corresponds to an Aluminum 392 series, with a hardness of 108 HB. The following results were obtained for the engine connecting rod: Microstructure composed mainly of martensite and austenite, the average connecting rod hardness is 61HRC, with the following chemical composition: 0.252% carbon, 1.103% Manganese, 1.179% Chromium, 0.296% Silicon, responding to Cr-MN steel, with a tempering and tempering heat treatment. The following results are obtained for the piston: piston hardness 30.3 HB, chemical composition: 29.49% Silicon, 5.657% Copper, 1.898% iron, responding to a hypoeutectic aluminum Si-Cu, and responding to a 300 series, with heat treatment of tempering and artificial aging.

Keywords: standards, connecting rod, piston, head, materials.

Resumen.

La obtención de las propiedades mecánicas a partir de ingeniería inversa o desagregación tecnológica de partes y piezas automotrices permite conocer de primera mano la composición química, estructura, dureza, geometría, entre otras, que facilitan el proceso de diseño y manufactura en este caso particular de un prototipo de biela, pistón y cabezote, los cuales forman parte de un motor de dos tiempos de 100cc. Para este fin se ha considerado normas tanto nacionales como internacionales para estandarizar los procesos y que los resultados sean comparables con investigaciones relacionadas, siendo estas normas: ASTM E10-01 (Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials), ASTM E18-03 (Standard Test Methods for Rockwell Hardness and Rockwell Superficial Hardness of Metallic Materials), ASTM E3 – 01 (Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens), ASTM E407 - 07(2015)e1 (Standard Practice for Microetching Metals and Alloys), ASTM E1251 – 17a (Standard Test Method for Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Spark Atomic Emission Spectrometry), ASTM E350 – 18 (Standard Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron). Para el caso particular del cabezote se tiene los siguientes resultados: composición: 19,53% de Silicio, 1, 798% de Cobre y 76,12% de Aluminio (composición hipoeutéctica), y templado rápidamente en agua, que corresponde a un Aluminio de la serie 392, con una dureza de 108 HB. Para la biela se obtuvo los siguientes resultados: Microestructura compuesta principalmente por martencita y austenita, la dureza de la biela promedia es de 61HRC, con la siguiente composición química: 0,252% de carbón, 1,103% de Manganeso, 1,179% de Cromo, 0,296% de Silicio, respondiendo a un acero Cr-Mn, con un tratamiento térmico de templado y revenido. Para el pistón se tiene los siguientes resultados: dureza del pistón 30,3 HB, composición química: 29,49% de Silicio, 5,657% de Cobre, 1,898% de hierro, respondiendo a un aluminio hipoeutéctico Si-Cu, y responde a una serie 300, con tratamiento térmico de templado y envejecido artificial.

Palabras claves: normas, biela, pistón, cabezote, materiales.

Introducción.

Atendiendo al proceso de combustión los MCIA se clasifican en motores de encendido provocado (MEP) y motores de encendido por compresión (MEC).

Motores de encendido provocado, MEP.

La característica fundamental de este motor es que el inicio de la combustión se produce mediante un aporte de energía externo al ciclo termodinámico, que en motores modernos se consigue al hacer saltar una chispa entre los dos electrodos de una bujía. El instante en el que se debe hacer saltar la chispa deberá ser el adecuado para conseguir que el proceso de combustión sea lo más eficiente posible. En estos motores, la mezcla de aire y combustible puede realizarse fuera del cilindro durante el proceso de admisión (motores de mezcla homogénea) o puede introducirse únicamente aire durante el proceso de admisión y el combustible se introduce posteriormente durante la compresión directamente al cilindro formándose una mezcla heterogénea (motores de inyección directa y mezcla estratificada). Como consecuencia característica de lo anterior, el proceso de combustión se produce por el avance de un frente de llama que recorre la cámara de combustión, partiendo desde la bujía y separando en todo momento dos zonas claramente definidas, una con gases frescos y otra con gases quemados. (Payri F. y Desantes J., 2011)

La biela, pistón y cabezote conforman una de las partes fundamentales en la manufactura de un motor de dos y cuatro tiempos, poli y mono cilíndrico, por tal razón, se ve la necesidad de realizar un estudio minucioso de las propiedades mecánicas de estos elementos para entender mejor sus características a partir de ingeniería inversa y en un próximo apartado proponer prototipos de estos elementos empleando materiales y herramientas disponibles en el mercado y país.

La culata del motor o cabezote, se fabrica normalmente con hierro fundido o aleación de aluminio, materiales con los que se consigue un equilibrio entre un gran nivel de resistencia y rigidez con buena conductividad térmica. De esta forma, permite liberar el calor en la cámara de combustión y eleva la relación de compresión, mejorando así el rendimiento del coche. (Carnovo, 2019)

En los motores de pistones las bielas son las piezas encargadas de transmitir el movimiento al cigüeñal. De esta forma denominamos a la biela como el elemento mecánico que une el pistón con el cigüeñal. Son un elemento básico de los motores que debe soportar esfuerzos de tracción y compresión. Esta pieza es de suma importancia, no solo para transmitir la fuerza generada en el cilindro, pues también transforma el movimiento alternativo del pistón en el movimiento rotatorio del cigüeñal. Para soportar la presión que ejerce el pistón, a través del bulón, tras la combustión nos podemos imaginar las fuerzas de compresión que actúan sobre esta pieza intermediaria. De esta forma el material usado para fabricar las bielas debe tener una estructura robusta. Además, debe de tener buena resistencia a la fatiga. Los materiales usados en las bielas suelen ser, aceros aleados con cromo-níquel-molibdeno. Por lo general, las bielas se fabrican de una sola pieza en materiales como pueden ser aceros forjados. En competición existen bielas de aluminio o incluso

titanio usadas en motores de Fórmula. Las bielas usadas en competición son de esos materiales para aprovechar el reducido peso y elevada rigidez y poder ser usadas a elevadas revoluciones en motores de altas prestaciones. (Automociononline, 2019)

Un pistón es un componente de motores alternativos, compresores de gas y cilindros neumáticos entre otros mecanismos similares. Su forma es cilíndrica y forma la parte móvil de la cámara de combustión. En un motor de combustión interna, su propósito es transferir la fuerza de la expansión de gas en el cilindro al cigüeñal a través de la biela. Los pistones se hacen comúnmente de una aleación de aluminio fundido para conseguir ligereza y una conductividad térmica excelente. Un pistón es básicamente un eje deslizante que encaja dentro del cilindro. Su propósito es cambiar el volumen del interior del cilindro, para ejercer o recibir una fuerza sobre un fluido. En un motor, su propósito es transferir la fuerza de la expansión de gas en el cilindro al cigüeñal. (Automociononline, 2019)

Marco teórico.

Pistón de moto mono cilíndrico 100cc.

Es el elemento móvil que se desplaza en el interior del cilindro y recibe la fuerza de expansión de los gases de la combustión para transmitirlos al cigüeñal por medio de la biela. El pistón ha de cumplir con una serie de funciones:

- Transmitir a la biela la fuerza de los gases (hasta 75 bar en motores de gasolina no sobrealimentados y de 140 a 180 bar en los camiones diésel sobrealimentados).
- Asegurar la estanqueidad de los gases y del aceite.
- Absorber gran parte del calor producido por la combustión y transmitirlo a las paredes del cilindro para su evacuación.

Para asegurar todo ello el pistón ha de reunir las siguientes cualidades:

- Está fabricado con precisión, con el fin de mantenerse ajustado en el cilindro
- Debe tener una dilatación mínima para las temperaturas normales de funcionamiento
- El material ha de ser lo más ligero posible para poder alcanzar mayores velocidades
- Estructura suficientemente robusta (especialmente en la cabeza y alojamiento del bulón)
- Máxima resistencia al desgaste y a los agentes corrosivos.

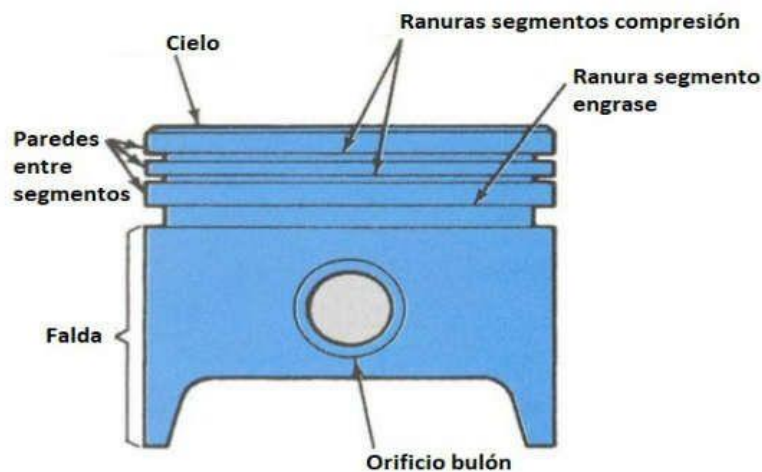
El material utilizado en un principio era la fundición de hierro. las características de este material lo hacían idóneo por ser barato, resistente al desgaste y capaz de soportar grandes cargas, sin embargo, los pistones de fundición son excesivamente pesados para las elevadas velocidades a que se llega con actuales motores. (ANETO-, 2002)

Actualmente, los pistones utilizados en automoción son de aleación ligera a base de aluminio y silicio con ligeros contenidos de cobre, níquel y magnesio. el silicio proporciona una reducción

del coeficiente de dilatación, mejora de la conductibilidad, aumenta la resistencia a la rotura y reduce la densidad. (ANETO-, 2002)

Para mejorar el rozamiento los émbolos de aleación ligera se recubren con tratamientos a base de una ligera capa de plomo, estaño, grafito, etc. y para mejorar la resistencia térmica, podemos encontrar pistones con tratamiento de cerámica en la cabeza del pistón, sobre todo en los motores diésel, más expuestos a altas temperaturas. (ANETO-, 2002)

Figura 1. Pistón de un Motor de Moto.



Fuente: Automociononline, 2019

Cabezote o culata de motor mono cilindro.

Esta es una de las partes importantes del motor ya que desarrollar múltiples funciones:

- Delimitar la cámara de combustión
- Delimitar los conductos de los gases (admisión y escape)
- Permitir un correcto funcionamiento de las válvulas
- Ubicar las bujías
- Máxima rigidez
- Contener los conductos de refrigeración del agua y del aceite
- Tener buena conductibilidad térmica

La culata al servir de cierre a la parte superior de los cilindros y realizarse en ella el proceso de combustión ha de resistir grandes esfuerzos por lo que es necesario un cierre perfectamente hermético, para ello se hace necesaria la colocación un gran número de tornillos y espárragos perfectamente calculados para tal fin y que se tendrán en cuenta según la superficie, tamaño y disposición de la misma. la culata puede tener multitud de formas en función de cómo se disponga la cámara de combustión ya que ello condicionará la posición de las válvulas y los conductos de

los gases. en la actualidad se tiene muy en cuenta el diseño de la cámara por incidir muy directamente en un buen rendimiento de la combustión. para ello es conveniente que cumpla los siguientes requisitos:

- Ser lo más compacta posible (relación sup/vol lo más pequeña posible), para tener un proceso de combustión más estable y de mínimas pérdidas térmicas. esto permitirá presiones máximas en el cilindro.
- Tener el punto de encendido lo más centrado posible (menor distancia a recorrer el frente de llama), con lo que se gana en velocidad de combustión.
- En el punto más alejado de la bujía en la zona más fría (disminuyendo el riesgo de picado y autoencendido).
- Poder contener válvulas de diámetro lo más grande posible (mejora te la potencia a alto régimen)

El material utilizado para su fabricación ha pasado de la fundición aliada de hierro a las aleaciones ligeras más concretamente de aluminio que tiene unas mejores propiedades; conductividad térmica y menor peso, esto ha posibilitado el aumento de la relación de compresión en los modernos motores sin sufrir detonaciones producidas por un exceso de temperatura. (ANETO-, 2002)

Figura 2. Culata de motor mono cilindro.



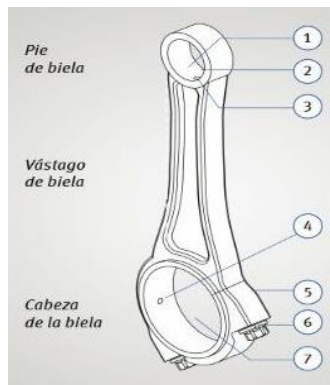
Fuente: Automociononline, 2019

Biela de moto mono cilíndrico de 100cc.

La biela es la pieza encargada de unir el émbolo (mediante el bulón) con el cigüeñal (en su muñequilla) y por tanto, está sometida al esfuerzo mecánico alternativo del pistón en las diferentes fases del ciclo de trabajo. los esfuerzos (tracción, compresión, flexión) son debidos a la combustión y a las fuerzas de inercia alternativas, angulares y centrífugas.

Las partes que componen la biela las podemos apreciar en la figura 3.

Figura 3. Biela de motor mono cilindro



Fuente: Automociononline, 2019

1. ojo pie de biela
2. casquillo de biela
3. orificio engrase
4. orificio engrase
5. tapa de cabeza de biela o sombrerete de biela
6. tornillo de biela
7. ojo cabeza de biela

El material utilizado en la construcción de la biela ha de tener la suficiente estabilidad mecánica para resistir la fuerte sollicitación a que es sometida, y su masa, ha de ser lo suficientemente pequeña para reducir al máximo la inercia que pueda crear. el metal utilizado generalmente es acero al carbono aleado con níquel-cromo-manganeso o con níquel-cromo-molibdeno. en los motores de competición se utilizan las aleaciones de titanio como material que posee cualidades excepcionales. pero hoy en día aún es imposible su utilización en serie por el alto precio que comporta. (ANETO-, 2002)

Materiales y métodos.

Los estándares internacionales usados para llevar a cabo las pruebas especifican las características de las muestras y las condiciones de ejecución de cada prueba, a fin de que los resultados obtenidos sean válidos.

El AISI (American Iron and Steel Institute) y el SAE (Society of Automotive Engineers) tienen sistemas para clasificar los aceros utilizando un número de cuatro o cinco dígitos. Los dos primeros números se refieren a los principales elementos de aleación presentes y los últimos dos o tres se refieren al porcentaje de carbono. Un acero AISI 1040 es al bajo carbono, con 0.40 % C. un acero SAE 10120 es al bajo carbono, conteniendo 1.20% C. un acero AISI 4340 es aleado y contiene 0.40%C. (Askeland, 1998)

Las normas que se van a utilizar para los ensayos serán:

- ASTM E10-01 (Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials), ASTM ASTM E3 – 01 (Standard Practice for Preparation of Metallographic Specimens), ASTM E407 - 07(2015) e1 (Standard Practice for Microetching Metals and Alloys),
- ASTM E1251 – 17a (Standard Test Method for Analysis of Aluminum and Aluminum Alloys by Spark Atomic Emission Spectrometry),
- ASTM E350 – 18 (Standard Test Methods for Chemical Analysis of Carbon Steel, Low-Alloy Steel, Silicon Electrical Steel, Ingot Iron, and Wrought Iron)

A los tres elementos se les practicara los mismos ensayos y estos son:

Ensayo de espectrometría.

El espectrómetro (Q2 ION), determina todos los elementos de aleación en las principales aplicaciones tales como hierro, acero, aluminio, cobre, latón, bronce, y muchos más, un total de 18 elementos químicos que posee el material base, dispuestos en porcentajes. Gracias a la tecnología incorporada en el analizador de metales (Q2 ION) la utilización es muy sencilla y presentando un rendimiento analítico perfecto.

El espectrómetro se calibra mediante la norma ASTM E415, para llevar a cabo el ensayo, la probeta debe tener una superficie libre de cualquier agente para facilitar el análisis con ayuda de una lija de menor a mayor número se pule la superficie. (ASTM, 2018)

Ensayo de dureza Brinell.

Según la Norma ASTM E10-01: Este método de prueba (Método de prueba A) cubre la determinación de la dureza Brinell de materiales metálicos, incluyendo métodos para la verificación de máquinas de prueba de dureza Brinell (Método de prueba B) y la calibración de equipos estandarizados bloques de prueba de dureza (Método de prueba C). Los valores indicados en unidades SI deben considerarse como el estándar. (ASTM, 2018)

No hay una forma o tamaño estándar para una prueba de Brinell muestra. El espécimen sobre el cual se hace la sangría se ajustará a lo siguiente:

Espesor: el espesor de la muestra analizada debe ser tal que no haya protuberancias u otras marcas que muestren el efecto de la fuerza de prueba aparece en el lado de la pieza opuesta a la sangría. Como regla general, el grosor de la muestra. debe ser al menos diez veces la profundidad de la sangría.

Ensayo de micrografía.

Según la Norma ASTM E1251 – 17a: Las propiedades metalúrgicas del aluminio y sus aleaciones dependen en gran medida de la composición química. Los análisis precisos y precisos son esenciales para obtener las propiedades deseadas, cumplir con las especificaciones del cliente y ayudar a reducir la chatarra debido al material fuera de grado. (ASTM, 2018)

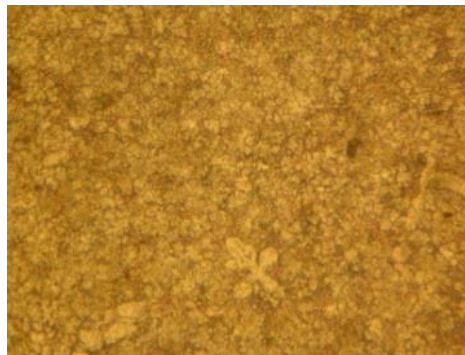
Este método de prueba es aplicable a las muestras de colada en frío como se define en las Prácticas E716 y también se puede aplicar a otros tipos de muestras siempre que haya materiales de referencia adecuados disponibles. Además, otras formas de muestra pueden fundirse y fundirse en un disco, utilizando un molde apropiado, como se describe en las Prácticas E716. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que algunos elementos (por ejemplo, magnesio) forman fácilmente óxidos, mientras que otros (por ejemplo, sodio, litio, calcio y estroncio) son volátiles y pueden perderse en diversos grados durante el proceso de fusión.

Resultados y discusión.

Micrografía del Cabezote

Las imágenes de la micrografía del cabezote se muestran a continuación en la Figura 4 y 5.

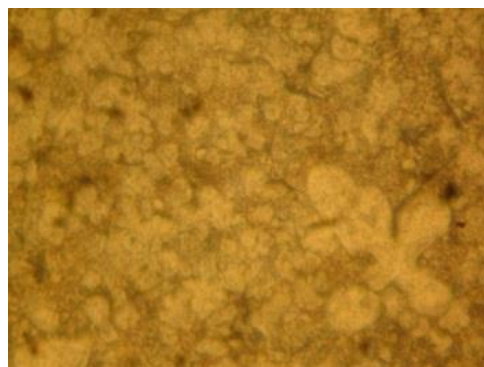
Figura 4. Micrografía del cabezote a 200X.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra una micrografía a 500X en la Figura 5.

Figura 5. Micrografía del cabezote a 500X.



Fuente: Elaboración propia.

Micrografía del pistón.

La micrografía del pistón se muestra a continuación en las Figuras 6 y 7 respectivamente.

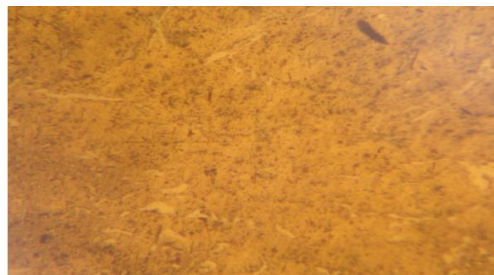
Figura 6. Micrografía del pistón a 100X.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra una micrografía a 500X en la Figura 7.

Figura 7. Micrografía del pistón a 500X



Fuente: Elaboración propia.

Micrografía de la biela

La micrografía de la biela se muestra a continuación en las Figura 8.

Figura 8. Micrografía de la biela a 500X




Fuente: Elaboración propia.

Espectrometría del cabezote.

La espectrometría del cabezote que se tomó como muestra para la elaboración de la ingeniería inversa y poder considerar los compuestos químicos que un elemento de estos posee y sea de ayuda para la elaboración de un prototipo que se construirá se muestra en la Figura 9, a continuación.

Figura 9. Composición química del cabezote.

Bruker Analysis Report 

Sample:
Analysis Time: 14.11.2019 11:00:40 Method: Al120


	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]
∅	19,53	1,203	1,798	0,181	0,164
	Cr [%]	Ni [%]	Zn [%]	Ti [%]	Pb [%]
∅	0,033	0,036	0,772	0,033	0,064
	Sn [%]	V [%]	Sr [%]	Zr [%]	Co [%]
∅	0,018	0,020	<0,0030	0,0046	<0,0030
	Ca [%]	Al [%]			
∅	0,021	76,12			

Fuente: Elaboración propia.

Espectrometría de un pistón de motor 100cc.

Los resultados de la espectrometría de un pistón de un motor de dos tiempos y 100cc se muestra en la Figura 10 a continuación.

Figura 10. Composición química del pistón.

Bruker Analysis Report 

Sample:
Analysis Time: 06.02.2020 16:58:53 Method: Al120


	Si [%]	Fe [%]	Cu [%]	Mn [%]	Mg [%]
∅	23,64	0,705	0,212	0,065	0,135
	Cr [%]	Ni [%]	Zn [%]	Ti [%]	Pb [%]
∅	0,066	0,082	0,176	0,106	0,128
	Sn [%]	V [%]	Sr [%]	Zr [%]	Co [%]
∅	0,076	0,014	<0,0030	0,0056	<0,0030
	Ca [%]	Al [%]			
∅	0,013	74,57			

Fuente: Elaboración propia.

Espectrometría de la biela de un motor 100cc.

Los resultados de la espectrometría de una biela de un motor de dos tiempos y 100cc se muestra en la Figura 11 a continuación.

Figura 11. Composición química de la biela.

Bruker Analysis Report 

Sample:
Analysis Time: 12.11.2019 12:24:14 Method: Fe110

	C [%]	Si [%]	Mn [%]	P [%]	S [%]
∅	0,252	0,296	1,103	0,0073	<0,0030
	Cr [%]	Mo [%]	Ni [%]	Cu [%]	Al [%]
∅	1,179	0,034	0,056	0,084	0,061
	Co [%]	Nb [%]	Ti [%]	V [%]	W [%]
∅	0,0072	<0,0050	0,061	0,010	<0,020
	B [%]	Sn [%]	Fe [%]		
∅	<0,0010	0,033	96,82		

Fuente: Elaboración propia.

Ensayo de dureza al cabezote de motor dos tiempos.

Los resultados del ensayo de dureza se muestran a continuación, en la Figura 12 a continuación.

Figura 12. Ensayo de dureza al cabezote motor.



Fuente: Elaboración propia.

De donde se obtiene:

Datos:

$$P = 613N = \frac{613}{9.81} = 62.487kgf$$

$$D = 2.5mm$$

$$d = \frac{0.82 + 0.87}{2} = 0.845mm$$

$$l1 = 0.82mm$$

$$l2 = 0.87mm$$

Donde:

P = Carga aplicada

D = Diametro de la bola en mm

d = Promedio de huella l1 y l2

l1 = Medida de un lado de la huella

l2 = Medida de un lado de la huella

$$HB = \frac{2P}{\pi D^2} \left(\frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{d^2}{D^2}}} \right) \quad \text{Ec. 1}$$

$$HB = \frac{2 * 62.486kgf}{\pi(2.5mm)^2} \left(\frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{(0.845mm)^2}{(2.5mm)^2}}} \right)$$

$$HB = \frac{124.974}{19.635} \left(\frac{1}{1 - \sqrt{1 - \frac{0.714}{6.25}}} \right)$$

$$HB = 6.365 \left(\frac{1}{1 - \sqrt{0.886}} \right)$$

$$HB = 6.365(17.029)$$

$$HB = 108.389 \cong 110HB$$

Ensayo de dureza al pistón.

Los resultados se muestran a continuación.

Diámetro de huella: 0,8mm

Dureza Brinell 30,3

Ensayo de dureza a la biela.

Los resultados de dureza se muestran en la Figura 13 y Tabla 1 a continuación.

Figura 13. Ensayo de dureza a la biela.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se muestra los resultados de los ensayos de dureza,

Tabla 1. Toma de durezas en diferentes puntos de la biela

TOMAS	Valor (HRC)
Toma 1	61
Toma 2	61
Toma3	61
Promedio	61

Fuente: Elaboración propia.

Discusión.

Una vez realizado los ensayos al cabezote, biela y pistón, se considera los siguientes compuestos químicos y las incidencias en las propiedades mecánicas de cada elemento.

Silicio (Si): Es uno de los principales elementos de aleación por las mejoras de las características del colado y de la alimentación, la resistencia al agrietamiento en caliente y la fluidez del caldo. El diagrama Al-Si tiene un eutéctico para la composición 12,6% (11), y las aleaciones Al-Si varían desde composiciones hipoeutécticas hasta cerca del 25% (9). El silicio tiene una reducida solubilidad sólida en el aluminio y suele aparecer sin combinar o formando intermetálicos complejos con el hierro o el magnesio. Hace bonificables a las aleaciones con magnesio por precipitación de Mg_2Si . (Puente, 2019)

Cobre (Cu): Es uno de los principales elementos de aleación; las aleaciones aluminio – cobre contienen entre un 2 y un 10% de Cu. Hace a las aleaciones de aluminio tratables térmicamente e incrementa notablemente la dureza y resistencia mecánica por formación de precipitados de Al_2Cu , teniendo estos su máxima efectividad para aleaciones entre 4 y 6% de cobre. La adición de cobre disminuye la resistencia a la corrosión por la formación de pares galvánicos, disminuyendo la conductividad térmica y la resistencia al agrietamiento de caliente, a la vez que aumenta la colabilidad de estas aleaciones. (Puente, 2019)

Manganeso (Mn): Incrementa como aleante (hasta 1,25% en aleaciones Al-Mn) la resistencia mecánica por solución sólida o precipitación de finos intermetálicos, además de no alterar la resistencia a la corrosión del aluminio, se utiliza en fundición para corregir la perniciosa forma acicular de los intermetálicos ricos en hierro y disminuir así su efecto fragilizante, aunque promueve una estructura fibrosa en los lingotes que puede ser la causa de cierta anisotropía⁴ de propiedades mecánicas en estas aleaciones. Los precipitados finos de magnesio inhiben el crecimiento del tamaño de grano durante la recristalización, aunque promueve la fragilidad en caliente. (10). (Puente, 2019)

La serie 300 (3xx.x): Son aleaciones con excelentes propiedades de moldeo, buena soldabilidad, buena resistencia a la corrosión, también en ambientes marinos y que presentan mayor ductilidad y resistencia mecánica que las aleaciones Al-Cu. La presencia de partículas abrasivas de silicio dificulta el mecanizado de estas aleaciones. La adición de Mg permite el tratamiento térmico por precipitación de Mg_2Si y mejora las propiedades mecánicas y de moldeo, la resistencia a la corrosión y la aptitud para ser mecanizado. La adición de cobre aumenta las características mecánicas, el límite elástico y la resistencia a la fatiga, pero disminuye la resistencia a la corrosión. La adición conjunta de ambos mejora la respuesta al tratamiento térmico, dando como resultado una gran colabilidad, resistencia y maquinabilidad.

De los resultados de dureza se debe contrarrestar la información con la composición química y los tratamientos térmicos a los que ha sido sometido el cabezote en estudio, deduciendo que para una dureza de 108HB.

La dureza de la biela responde a un acero Cr-Mn, con un tratamiento térmico de templado, revenido y nitrurado, siendo estos tratamientos térmicos típicos de este tipo de elementos, ya que deben soportar muchas cargas combinadas acompañadas de fatiga.

El sobredimensionamiento se basa en una comparación del esfuerzo generado por la fuerza en el ciclo de explosión y el esfuerzo máximo encontrado en el ensayo experimental sobre el área de la sección transversal de las bielas. (Morillo, V. Imbaquingo, B. Benavides, I., 2017)

La dureza del pistón está acorde al material Al-Si, con tratamiento térmico de envejecido artificial y templado, esto permite al pistón soportar las temperaturas extremas, fricción, y la absorción de impactos producto de la ignición del combustible.

Además se conoce que los pistones están hechos de una aleación de aluminio silicio eutéctico (Kaufman, 2004), lo que nos lleva al diagrama Al-Si del ASM (ver figura 2-10), en el cual podemos observar que se requiere un porcentaje de 12.6% aproximadamente de silicio y un calentamiento por encima de la temperatura de la composición eutéctica es 577, la cual puede sufrir variaciones dependiendo de los elementos aleantes (ASM, 1994). (Anchundia, J. y Lindao, H., 2017)

El cabezote posee dureza acorde a su funcionamiento ya que cumple la veces de "tapa" de un ambiente a alta presión y temperatura, por tal razón debe soportar tales cargas y adicionalmente soportar cambios bruscos de temperatura e impacto.

Conclusiones:

- La ingeniería inversa permite obtener propiedades mecánicas de elementos ya manufacturados por grandes empresas y que se puede aplicar en países en vías de desarrollo, considerando la tecnología y materiales en el mercado nacional.
- La dureza del cabezote, pistón y biela son: 110 HB, 30,3HB y 61HRC, respectivamente, estando acorde a investigaciones similares.
- La espectrometría de cabezote responde a un aluminio Al- Si, hipoeutéctico por la cantidad de aluminio (19,53%) y está dentro de la familia de aluminio de la serie 392.
- Para el caso del pistón está conformado principalmente por un aluminio hipoeutéctico Al-Si mayormente compuesto de silicio (23.65%), y responde a una serie 300, esta cantidad de silicio permite al pistón auto lubricarse debido a que un motor de dos tiempos funciona con cárter seco o en otra palabra para que un motor de dos tiempos se lubrique se debe mezclar el combustible con el lubricante, para su correcto funcionamiento.
- Para el caso de la biela está compuesta mayormente por austenita y martensita que solo se obtiene al templar el material, y responde a un acero Cr-Mn.

Referencias bibliográficas.

Anchundia, J. y Lindao, H. (2017). Rediseño y prototipado de un pistón de moto mediante el proceso de fundición. Guayaquil: ESPOL.

ANETO-, E. 2. (2002). MANUAL DEL AUTOMOVIL REPARACION Y MANTENIMIENTO El motor de gasolina. MADRID: CULTURAL, S.A.

Askeland, D. (1998). Ciencia e Ingenieria de los Materiales . Mexico : Thomson.

- ASTM. (2018). ASTM INTERNATIONAL. Obtenido de https://www.astm.org/SNEWS/SPANISH/SPSO14/enroute_sps14.html
- Automociononline. (2019). Automociononline. Obtenido de <https://automociononline.com/formacion-online/motores/biela/>
- Automociononline. (2019). Automociononline [Imagen]. Obtenido de <https://automociononline.com/formacion-online/motores/piston/>
- Carbone Stainless Steel. (s.f.). Carbone. Recuperado el 15 de Mayo de 2018, de <https://www.empresascarbene.com/>: <https://www.empresascarbene.com/pdf/ficha-tecnica-del-acero-inoxidable.pdf>
- Carnovo. (2019). Carnovo. Obtenido de <https://carnovo.com/es/guias/culata-motor/>
- Morillo, V. Imbaquingo, B. Benavides, I. (2017). Determinación de la carga mecánica máxima que soportan las bielas del motor de una camioneta mazda bt-50 diésel mediante ensayos estáticos de esfuerzo experimental y por elementos finitos. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/>: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7110/2/ARTICULO.pdf>
- Payri F. y Desantes J. (2011). Motores de Combustión Interna Alternativos. Barcelona: REVERTE.
- Puente, J. (2019). Identificación de microconstituyentes en aleaciones de aluminio mediante metalografía óptica en color. MADRID: POLITECNICA DE MADRID.

PARA CITAR EL ARTÍCULO INDEXADO.

Bravo Morocho, V. D., Abarca Pérez, E. P., & Escobar Guachambala M. A. (2020). Obtención de las propiedades mecánicas de un cabezote, biela y pistón de motor mono-cilindrico de dos tiempos 100cc, aplicando ingeniería inversa. *ConcienciaDigital*, 3(3), 510-527. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v3i3.1352>



El artículo que se publica es de exclusiva responsabilidad de los autores y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Conciencia Digital**.

El artículo queda en propiedad de la revista y, por tanto, su publicación parcial y/o total en otro medio tiene que ser autorizado por el director de la **Revista Conciencia Digital**.

