



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ

**ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL DESGASTE DE ELEMENTOS MÓVILES EN
MOTORES MEP DE CILINDRADA DE 1400 CC.**

AUTOR: SARAGURO ONTANEDA ÁLVARO RICARDO

DIRECTOR: ING. FAUSTO EDUARDO TAPIA GUDIÑO, MSc

IBARRA 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL DESGASTE DE ELEMENTOS MÓVILES EN MOTORES MEP DE CILINDRADA DE 1400 CC”. presentado por el señor: Alvaro Ricardo Saraguro Ontaneda, con número de cédula 1003408398, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 14 días del mes de octubre del 2021

Atentamente



Ing. Fausto Eduardo Tapia Gudiño. MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003408398		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Álvaro Ricardo Saraguro Ontaneda		
DIRECCIÓN:	Antigua vía a Urcuqui y calle A 13-26		
EMAIL:	arsaraguroo@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0983750055

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ANÁLISIS Y MEDICIÓN DEL DESGASTE DE ELEMENTOS MÓVILES EN MOTORES MEP DE CILINDRADA DE 1400 CC.
AUTOR :	Saraguro Ontaneda Álvaro Ricardo
FECHA: DD/MM/AAAA	10/11/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Fausto Eduardo Tapia Gudiño MSc

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asuma la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 10 días del mes de noviembre de 2021

EL AUTOR:

.....
Saraguro Ontaneda Álvaro Ricardo

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a mi abuelita Zoila Beatriz Piarpuezán , a mis padres Ángel Bolívar Saraguro Piarpuezán y Emma Beatriz Ontaneda Paredes quienes me apoyaron siempre, a Sara Plazas León quien se volvió parte importante en mi vida, a todas las personas de mi familia y amigos, quienes con sus consejos y el apoyo brindado, han logrado guiarme por el camino del correcto, con el fin de convertirme en una persona de bien.

ÁLVARO RICARDO SARAGURO ONTANEDA

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a mi padre Bolívar Saraguro, a mi madre Emma Ontaneda, a mi tío Ing. Ramiro Saraguro y su esposa, al Ing. Edgar Maya y a toda mi familia por apoyarme y ayudarme a alcázar una meta más en mi vida. También agradezco a la Universidad Técnica del Norte, institución que me ha brindado sólidos conocimientos para desempeñarme en el campo profesional. Así como, a todos los docentes de la carrera de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, que me han su sabiduría y experiencias en el transcurso del día a día.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PAGINA
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	1
1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.1. Tema	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Situación actual	2
1.4. Prospectiva	2
1.5. Planteamiento del problema	3
1.6. Objetivos	4
1.6.1 Objetivo general	4
1.6.2 Objetivos específicos	4
1.7. Alcance	4
1.8. Justificación	5
CAPÍTULO II	6
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. El motor	6
2.1.1. Historia	6
2.1.2 principios de funcionamiento	7
2.1.4. Características de los motores	8
2.1.3. Ciclos de motor.	8
2.2. Componentes segmentados del motor.	15
2.2.1. Componentes móviles	16

2.3. Fallas.	26
2.3.1. Clasificación de las fallas.	26
2.3.2. Modo de falla y mecanismo de falla.	27
2.4. Desgaste	28
2.4.1. Fatiga en sub-superficie	29
2.4.2. Fatiga iniciada en superficie	29
2.4.3. Desgaste abrasivo	29
2.4.4. Desgaste adhesivo	31
2.4.5. Corrosión	32
2.4.6. Erosión eléctrica.	33
2.4.7. Deformación plástica	34
2.4.8. Erosión	35
2.4.9. Cavitación	36
CAPITULO III	38
3. MATERIALES Y MÉTODOS	38
3.1. Metodología	38
3.1.1 Investigación bibliográfica.	38
3.1.2 Investigación tecnológica.	38
3.1.3 Investigación técnica.	38
3.1.4. Métodos de investigación	39
3.2. Flujograma de actividades	39
3.3. Inspección técnica	41
3.3.1 resultados de la inspección visual	41
3.4. Instrumentos y materiales.	52
3.4.1. Metrología.	53
3.4.2. Errores en la medición	53
3.4.3. Instrumentos de medición	54

3.4.4. Mediciones de las partes móviles del motor	61
CAPITULO IV	68
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	68
4.1 Resultado de las mediciones	68
4.1.1 Pistón	68
4.1.2. Biela	68
4.1.3. Cigüeñal	69
4.2. Análisis de las partes móviles en base a las medidas obtenidas.	71
4.2.1. Juego radial bulón-pie de biela	72
4.2.2. Juego pistón-cilindro	73
4.2.3. Abertura de la punta de los segmentos.	73
4.2.4. Ovalamiento de la cabeza de biela	74
4.2.5 juego radial con la muñequilla	74
4.2.6. Juego axial con la muñequilla.	74
4.2.7. Ovalamiento y conicidad en las muñequillas	75
4.2.8. Ovalamiento y conicidad en los apoyos	76
4.2.9. Juego radial de los apoyos de bancada	77
4.2.10. Juego axial de los apoyos	77
4.3. Análisis del desgaste	78
4.3.1. Desgaste de las paredes de los cilindros	78
4.3.2. Desgaste en los cojinetes de biela	79
4.3.3. Golpes en el pistón 1 y 3	80
4.3.4. Golpe en el apoyo 4	81
4.3.5. Golpe en la muñequilla 3	82
4.3.6. Rotura de la biela 3	83
4.4. Informe de el análisis de desgaste en los elementos móviles que presentaron desgaste	83

4.4.1 Análisis del estado de los elementos móviles	84
4.4.2 Informe de consecuencias y correcciones de piezas con desgaste	86
4.4.3. Análisis final del desgaste	87
CAPITULO V	88
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1. Conclusiones	88
5.2. Recomendaciones	90
Bibliografía	91
ANEXOS	94

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
3.1	Valores de apertura entre puntas de rines en función del diámetro del cilindro	67
4.1	Diámetro de pistones	69
4.2	Diámetros de las bielas	70
4.3	Diámetros de las muñequillas	70
4.4	Diámetro de los apoyos	71
4.5	Diámetro de los cojinetes de bancada	71
4.6	Tolerancia y valores medios de comprobación	72
4.7	Juego radial bulón-pie de biela	72
4.8	Juego pistón-cilindro	73
4.9	Abertura entre las puntas de los segmentos	73
4.10	Ovalamiento de la cabeza de biela	74
4.11	Juego radial con la muñequilla	74
4.12	Juego axial con la muñequilla	75
4.13	Ovalamiento en las muñequillas	75
4.14	Conicidad en las muñequillas	76
4.15	Ovalamiento en los apoyos	76
4.16	Conicidad en los apoyos	77
4.17	Juego radial de los apoyos de bancada	77
4.18	Juego axial de los apoyos	77

4.19	Análisis comparativo de valores medios encontrados	84
4.20	Informe del estado de los elementos móviles	85
4.21	Informe del estado de los elementos móviles	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	El motor de combustión interna otto	8
2.2	Admisión.	11
2.3	Compresión	12
2.4	Trabajo	13
2.5	Escape	14
2.6	Diagrama completo de la distribución	16
2.7	Constitución del pistón	19
2.8	Segmentos del pistón	20
2.9	Biela con pie trapezoidal	22
2.10	Cigüeñal	23
2.11	Cojinetes	25
2.12	Volante de inercia	26
2.13	Clasificación de fallas	27
2.14	Análisis de falla	30
2.15	Desgaste abrasivo de tres cuerpos	32
2.16	Abrasión dos cuerpos	33
2.17	Desgaste adhesivo	34
2.18	Erosión eléctrica	36
2.19	Desgaste por erosión	38

2.20	Desgaste por erosión	39
3.1	Flujograma de actividades	42
3.1	Piezas móviles de un motor Chevrolet corsa Wind 1600 C.C.	43
3.2	Pistón 1	44
3.3	Pistón 2	45
3.4	Pistón 3	46
3.5	Pistón 4	47
3.6	Biela 1	48
3.7	Biela 2	49
3.8	Biela 3	50
3.9	Biela 4	51
3.10	Apoyos	52
3.11	Muñequillas	53
3.12	Cojinetes de bancada	54
3.13	Usos del calibrador vernier	57
3.14	Micrómetro	59
3.15	Uso del micrómetro	60
3.16	Reloj comparador	61
3.17	Uso del reloj comparador	63
3.18	Juego de espesores	63
3.19	Medición del ovalamiento y la conicidad	64
3.20	Comparación de las medidas obtenidas por el plastigage	65
3.21	Medición del pistón	66
3.22	Medición del juego axial de los rines	67

3.22	Medición del pie de biela	68
4.1	Pistón con rayaduras en sus paredes	78
4.2	Cojinete de biela con rayaduras	79
4.3	Pistón con golpes en la superficie superior	80
4.4	Apoyo con rayadura en su superficie	81
4.5	Muñequilla con golpe en su superficie	82
4.6	Biela con rotura	83

ÍNDICE DE ECUACIONES

ECUACIÓN NÚM.	DESCRIPCIÓN	PAGINA
3.1	Calibre de medidas en el sistema internacional	56
3.2	Calibre de medidas en pulgadas	56

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
1	Motor MEP de un Chevrolet Corsa Wind	95
2	Calibración de rines	96
3	Cuadro de las posibilidades de rectificado con un cigüeñal de diámetro de 52 mm en los apoyos	97
4	Planitud del bloque	98
5	Medición de los cilindros	99
6	Tolerancias de medidas y valores medios de las comprobaciones	100
7	Guía para mediciones de los elementos móviles	101

RESUMEN

Los mantenimientos en los motores se van quitando importancia por parte del usuario, solo hasta que este presenta un daño grave. El presente trabajo está dirigido para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz de la universidad técnica del norte, ya que ellos serán los encargados de realizar o dirigir estos mantenimientos a futuro. Con la elaboración de un análisis de los componentes móviles en motores de cilindraje de 1400 cc., debido a que esto servirá como apoyo didáctico para que los estudiantes puedan reconocer los diferentes tipos de desgaste en los elementos móviles del motor y el momento en el cual el desgaste pasa a convertirse en una falla. Con este análisis se puede realizar mantenimientos correctivos y preventivos apropiados para una mayor duración de la vida útil del motor, por lo tanto un análisis correcto ayuda a comprender las fallas comunes del motor.

Los resultados obtenidos son que a pesar de que el motor se consideró en buen estado, existieron elementos móviles que presentaron desgaste y fallas. La mayor causa del desgaste se da por falta de lubricación y el mantenimiento preventivo ineficiente, este desgaste es conocido como desgaste iniciado en la superficie y desgaste abrasivo por dos y por tres cuerpos, así como también se presentó fallas catastróficas como una fractura de un elemento móvil, para un complemento de este trabajo se debería realizar un análisis de los elementos fijos y los elementos auxiliares del motor, ya que estos también pueden presentar desgaste debido al desgaste encontrade en algunas partes del motor. El análisis final obtenido se dio gracias a un análisis visual de los elementos móviles que presentaron un desgaste notorio y también gracias a las calibraciones de cada uno de los elementos móviles, tomados a base de mediciones de sus diámetros y la tolerancia existente entre los elementos móviles realizados en un motor Chevrolet Corsa Wind de cilindraje de 1400 cc.

ABSTRACT

The maintenance on the engines is diminished by the user, only until this presents a serious damage. The present work is directed for the students of the Automotive Engineering career of the North Technical University since they will oversee carrying out or directing this maintenance in the future. With the development of an analysis of the moving components in engines with a cylinder capacity of 1400 cc. because this will serve as a didactic support so that students can recognize the different types of wear on the moving parts of the engine and the moment in which the wear becomes a failure. With this analysis, appropriate corrective and preventive maintenance can be carried out for a longer duration of the engine's useful life, therefore a correct analysis helps to understand common engine failures.

The results obtained are that even though the engine was considered in good condition, there were moving parts that showed wear and tear. The main cause of wear is due to lack of lubrication and inefficient preventive maintenance, this wear is known as surface-initiated wear and abrasive wear by two and three bodies, as well as catastrophic failures such as a fracture of an element. mobile, as a complement to this work, an analysis of the fixed elements and auxiliary elements of the engine should be carried out, since these can also show wear due to wear found in some parts of the engine. The final analysis obtained was given thanks to a visual analysis of the mobile elements that showed noticeable wear and thanks to the calibrations of each of the mobile elements, taken based on measurements of their diameters and the existing tolerance between the mobile elements. made on a Chevrolet Corsa Wind engine of 1400 cc displacement

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento a los automóviles de parte de los usuarios es de una manera ineficiente y por ende causa anomalías en el vehículo, una de las partes más afectadas es el motor, ya que es el que se encarga de transmitir la fuerza de la explosión en un movimiento circular, un mantenimiento preventivo ineficiente puede causar daños graves en los elementos del motor, con este contexto se da a consideración un análisis de desgaste en los elementos móviles del motor, ya que son los más afectados, pues se encuentran en un constante movimiento y si no existe un mantenimiento adecuado, puede ocasionar fricción entre los elementos.

La presente investigación se da en un motor Chevrolet Corsa Wind de cilindraje de 1400 cc. que pertenece a la carrera de ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte, en el cual se realiza un análisis del desgaste en sus elementos móviles. Como lineamiento para obtener los datos necesarios para comprobar un desgaste en los elementos móviles se tomó la observación para así encontrar desperfectos visibles al ojo humano. Por otra parte también se utilizó un sistema de calibración en el cual se toma en cuenta la diferencia de tolerancias entre sus diámetros y el juego existente entre los elementos mecánicos. Con todo esto se realiza un análisis técnico sobre cada uno de los elementos móviles y también se busca una solución para evitar un desgaste sobre los elementos que no presentan daños y una solución sobre los que si presentaron averías. El fin de esta investigación es alargar la vida útil del motor con un mantenimiento preventivo adecuado, evitando fallas en los elementos móviles del motor, las cuales pueden ser catastróficas para el funcionamiento adecuado del motor y por ende un riesgo para el ocupante del vehículo.

CAPÍTULO I

1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cómo analizar y medir el desgaste de elementos móviles en motores MEP de cilindrada 1400 cc.?

El desgaste en los elementos móviles en motores MEP de cilindrada 1400 cc. se los analiza de diferentes métodos conocidos como la espectrometría, la ferrografía y la metrología.

La importancia de tomar medidas es conocer los límites en los cuales estos elementos móviles se considerarían útiles o en buen estado.

1. TEMA

EL DESGASTE DE LAS PARTES MÓVILES DE UN MOTOR CON CILINDRADA DE 1400 cc.

2. ANTECEDENTES

El motor de combustión interna fue creado en 1863 y mejorado en 1876, se basa en una explosión provocada, convirtiendo un movimiento lineal en un movimiento rotativo (Sanz, 2017, pág. 10). Con el pasar de los años este motor ha ido evolucionando, mejorando así su rendimiento y su efectividad. En 1990 se implementa la inyección del combustible a escala comercial, mejorando así el proceso de combustión y se logra aprovechar más la mezcla aire combustible teniendo una mejor efectividad en el rendimiento del motor, con el pasar de los años este proceso de inyección ha ido evolucionando, teniendo mejoras electrónicas y una dosificación de combustible por medio de sensores y actuadores que cumplen diferentes funciones en el motor.

En el motor de combustión interna existen partes tanto fijas como móviles que ayudan al funcionamiento de motor. Las partes móviles son las encargadas de transformar la combustión en movimiento, al cumplir con esta función sufren de un desgaste progresivo dependiendo del cuidado que se le dé al motor.

Para el buen funcionamiento del motor necesita de diferentes tipos de mantenimiento ya sea preventivo que trata de dar un cuidado adecuado según las especificaciones técnicas del motor, o correctivo que es el encargado de la reparación de los desperfectos causados por el tiempo o por un mantenimiento preventivo deficiente, así alargando el tiempo de vida del motor y su funcionamiento.

En la carrera de Ingeniería en mantenimiento automotriz existen diferentes tipos de motores que sirven como material didáctico para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Automotriz. Los motores han sido reparados por estudiantes que cursan la asignatura de motores y se utilizan para reforzar el aprendizaje adquirido en el aula, desmantelando el motor, reconociendo piezas mecánicas y ensamblándolo nuevamente aplicando así todo el aprendizaje teórico.

3. SITUACIÓN ACTUAL

Los motores de cilindrada de 1400 cc a menudo sufren de desgaste o fallas, debido a un mal mantenimiento o al tiempo de uso. Realizar un análisis y medición del desgaste de las partes móviles del motor de 1400 cc puede ayudar a comprender las causas de desgaste que se pueden presentar en un motor MPE.

Numerosos trabajos investigativos se han llevado a cabo con el objetivo de proponer técnicas para la detección y diagnóstico temprano de fallas en los motores de combustión interna. (Llanes Cedeño, Guardia Puebla, de la Rosa-Andino, Cevallos Carvajal, & Rocha Hoyos)

En el parque automotor un automóvil con cilindraje de 1400 cc es de uso común de transporte, y el uso prolongado puede ser un factor que influye en el desgaste de las partes móviles del automóvil, de otra manera. Otro causante de desgaste se debe a diferentes factores como el combustible, el tipo de lubricante, o el ambiente.

La contaminación del aceite se produce por efecto de desgaste del motor, por lo que la velocidad de contaminación del aceite es igual a la velocidad de desgaste del motor. (Espinoza , Patiño , Gonzáles, Lara , & Tineo, 2008, pág. 98)

La necesidad de analizar el desgaste de motores de cilindrada de 1400 cc surge a partir de comprender las causas que pueden desgastar las partes móviles del motor, para así prevenir los posibles daños del motor.

1.4. PROSPECTIVA

El presente proyecto de análisis y medición tiene como finalidad encontrar las posibles causas de desgaste en las partes móviles del motor. Con el propósito de evitar daños futuros debido al mal mantenimiento o al uso de aditivos ineficientes.

El aceite seleccionado por el fabricante o por el profesional encargado del mantenimiento, lubrica las partes sometidas a fricción, protege contra la corrosión, absorbe y neutraliza los contaminantes, reduce el desgaste, disminuye el calor de las superficies friccionadas y evita el gripado. (Granizó , 2017, pág. 49)

El mantenimiento predictivo surge como respuesta a la necesidad de reducir los costos de los métodos tradicionales de mantenimiento, preventivo y correctivo, y parte del conocimiento del estado de los equipos. La dificultad de implantar este tipo de mantenimiento radica en la localización de la variable identificadora y en correlacionar niveles de aceptación o rechazo de dicha variable con estados reales de la máquina fácilmente medibles (Buchelli Carpio & García Granizo, 2015, pág. 85)

Mediante las mediciones se obtiene información sobre el comportamiento de la materia y lo producido mediante su transformación. La metrología es la encargada de estudiar, diseñar y establecer las técnicas de medición requeridas para alcanzar la incertidumbre necesaria, conforme a la aplicación particular, en los resultados de las mediciones. También es la encargada de investigar, experimentar y establecer los patrones de referencia primarios en el ámbito internacional (Llamosa, Meza, & Villarreal, 2007)

1.5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El motor de combustión al estar sujeto a un trabajo intenso, sufre desgaste y daño en sus partes. Este desgaste puede ser causado por que el tiempo de vida útil de alguna de sus partes llegó a su fin, también puede ser causado por el mal manejo y no brinda los cuidados adecuados al motor. Este daño del motor puede causar inconvenientes en el funcionamiento normal y óptimo del automóvil, ocasionando así molestias e inconvenientes al ocupante del vehículo.

El mantenimiento preventivo es el encargado de que los daños a largo plazo de puedan evitar, siguiendo las diferentes especificaciones técnicas que tiene cada tipo de motor en el manual del automóvil. Este mantenimiento es muy importante ya que se puede alargar la vida útil del motor.

El mantenimiento correctivo es el encargado de solucionar los problemas que tenga el motor que son causados por un mal manejo del motor o por no seguir las especificaciones técnicas del motor, realizándose de una de una manera eficaz y productiva. Alargando así el tiempo de vida útil del motor.

La carrera de ingeniería automotriz de la universidad técnica del norte se cuenta con motores MEP (Motor de Encendido Provocado) que debido al pasar del tiempo y a la manipulación de los

estudiantes han sufrido desperfectos, en los cuales se realizara un análisis de desgaste de componentes móviles ya que están sujetos a altas presiones y temperaturas.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Analizar y medir el desgaste de los elementos móviles en motores MEP de cilindrada 1400 cc.

1.6.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una inspección técnica a los componentes móviles para encontrar los desperfectos existentes.
2. Medir los componentes móviles con respecto a las especificaciones de calibración, para conocer las tolerancias permitidas antes de rectificar o reemplazar.
3. Identificar a base de las medidas obtenidas los elementos móviles que sobrepasaron los límites de tolerancia permitidas
4. Reconocer el tipo de desgaste presente en cada elemento móvil que presento anomalías, con base en l inspección física y la identificación con medidas
5. Elaborar un informe sobre el desgaste, consecuencias y métodos de corrección de las piezas móviles que presentaron anomalías.

1.7. ALCANCE

Con el análisis del desgaste de las partes móviles de un motor se pretende encontrar una ayuda bibliográfica para los estudiantes de la carrera de ingeniería en mantenimiento automotriz de la Universidad Técnica Del Norte y otros estudiantes afines a la carrera.

Dentro de la carrera de ingeniería en manteniendo automotriz existen varios motores que funcionan con un cilindraje de 1400 cc que ayudan como material didáctico.

El proyecto se efectuará en un motor de un corsa Wind que cumple con dicho cilindraje y se tomará la metrología como ciencia de análisis para el reconocimiento de desgaste sobre el pistón, la biela y el cigüeñal. Tomando en cuenta el juego radial y axial existente entre estos, comparando sus diámetros, el ovalamiento y conicidad

1.8. JUSTIFICACIÓN

Los desperfectos en los motores se han hecho más comunes en el vehículo debido al mal mantenimiento que se da a los vehículos, ya que este está sujeto a altas temperaturas y a trabajos de fricción en sus diferentes partes.

Cuando el mantenimiento preventivo no es realizado o es no se realiza eficientemente, se procede a realizar un plan de mantenimiento correctivo, para corregir imperfecciones y daños causados al motor.

Los desperfectos ocasionados por un mal mantenimiento del motor pueden ocasionar daños que se derivan en problemas ambientales, ya que el incremento de gases tóxicos ocasionados por la combustión puede aumentar, afectando así el medio ambiente y los habitantes del país.

Ese mal mantenimiento causa desgaste en las partes móviles del motor, las cuales causan daños en el motor afectando así su normal funcionamiento y afectando directamente al funcionamiento del automóvil, esto puede causar accidentes de tránsito.

Este proyecto se realiza con la intención de reconocer el desgaste existente en los componentes móviles de los motores MEP con cilindraje de 1400cc y como se puede solucionar para así mitigar la contaminación excesiva debido a un mal mantenimiento.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. EL MOTOR

Se denomina motor térmico al que transforma energía térmica en energía mecánica mediante la combustión de una mezcla de aire y carburante que se quema interiormente generando trabajo mecánico. (Sanz Acabes, 2017, pág. 11)

2.1.1. HISTORIA

El motor de combustión interna fue desarrollado en el siglo XIX, ya que los motores existentes en esa época funcionaban a vapor, aunque su rendimiento era óptimo, su tamaño no era adecuado para un vehículo de movilidad libre, es por eso por lo que se vio en la necesidad de crear un nuevo tipo de motores, dándose así la creación de un motor de combustión interna, con el cual trajo beneficios para sus ocupantes.

Para encontrar un desarrollo eficiente para esa época a invención de motor de combustión interna tubo que tener muchas adecuaciones por parte de diferentes ingenieros, llegando a la adaptación del ingeniero Nikolaus August Otto. Que fabrico motores fijos a gas y enunció los principios de funcionamiento de manera clara en el año de 1876 (Sanz Acabes, 2017, pág. 10) .

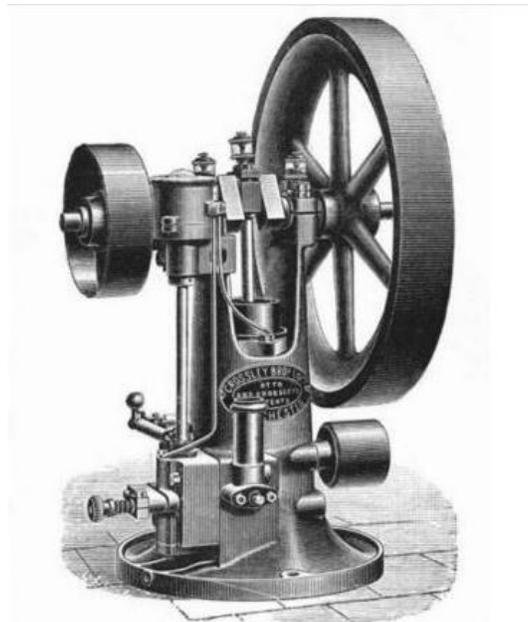


Figura 2.1. El Motor de Combustión Interna Otto

(Sanz Acabes, 2017, pág. 10)

Nikolaus Otto al dejar su trabajo como comerciante, debido a que comenzó a dedicarse al desarrollo de los motores de combustión interna. De los cuales su primer motor construido fue un motor que funcionaba a gas de alumbrado, que se muestra en la Figura 2.1, la cual con la asociación con el industrial Eugen Laugen comenzó su comercialización, fundando juntos así su fábrica.

Al aplicar los conocimientos adquiridos sobre el ciclo de cuatro tiempos, logro perfeccionar su motor construido a base de gas de alumbrado. Superando así la eficacia de los motores de combustión externa a vapor, revolucionando así a industria automotriz.

Pero fue uno de los colaboradores de Otto quien sustituyó la alimentación a gas por la utilización de la gasolina.

En el año de 1883 la compañía de Maybach comenzó a construir motores de combustión a gasolina más livianos y compactos, siendo estos adecuados para los vehículos de uso ligero. Alcanzando un régimen de novecientas RPM (revoluciones por minuto).

Los ingenieros Rene Panhard y Emile Levastor adquirieron a patente de Dailmier, ya que ellos querían un vehículo con un motor de explosión, fundando así la primera industria automotriz del mundo (Panhard-Levastor).

El funcionamiento del motor de combustión interna fue evolucionando con el pasar de los años, el principal cambio fue sobre la dosificación de combustible. Ya que el combustible era suministrado por un carburador.

Con el fin de optimizar el funcionamiento del motor se implementa la inyección de combustible, siendo este más efectivo en la dosificación de combustible y aumentando así la potencia del motor. Debido a que los mezcla se gases se consume con más efectividad.

2.1.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

La energía química en forma de combustible se transforma en energía mecánica o movimiento gracias a los motores (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 114)

El principio termodinámico del funcionamiento del motor de combustión interna se da cuando la explosión provocada enciende la energía interna del combustible, originando así un trabajo por parte del motor.

Esta energía es ocasionada por el aumento de la presión entre 40 y 50 bares (Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 59) en la cámara y a su vez la temperatura, y con la detonación provocada en la cámara hace que el pistón baje y así se realiza el trabajo de motor y la fuerza termodinámica se convierte en fuerza motriz.

Los principios físicos son básicamente transformar el movimiento recto ocasionado por la combustión, en un movimiento circular. siendo el principal mecanismo el conjunto biela-manivela.

Esta fuerza es transmitida al cigüeñal produce un trabajo. Al movimiento realizado por el cigüeñal por cada vuelta sobre sí mismo se define como par motor. Entonces podemos decir que el par motor es directamente proporcional a la fuerza de la explosión.

2.1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MOTORES

Los motores MEP tienen características que diferencian el rendimiento de cada uno, las cuales son:

Cilindrada (cc) - Es la cantidad de volumen del cilindro que recorre el pistón al cumplir con la carrera desde el PMI al PMS.

Relación de compresión.- Es la cantidad de veces que el volumen total de la mezcla con el pistón en el PMI con respecto al volumen existente en la cámara, con el pistón en PMS.

Potencia(w).- Es el resultado de la multiplicación del par motor y las revoluciones por minuto (RPM).

Par motor(N/m).- Es el resultado del producto de la fuerza recibida a través de la biela, por la longitud de la muñequilla del cigüeñal.

2.1.3. CICLOS DE MOTOR.

Al realizarse la fuerza motriz por causa de la presión, se convierte en un movimiento circular. Lo que lleva al motor a realizar cuatro ciclos de trabajo que son efectuados en cuatro carreras del pistón que se cumplen en dos vueltas del cigüeñal.

Los motores otto de cuatro tiempos también conocidos como motores encendidos por chispa o motores de encendido controlado, ya que la combustión de la mezcla se da gracias a una chispa eléctrica,

2.1.3.1. Ciclo teórico de funcionamiento

Admisión. - Comienza cuando el pistón está en el punto más alto del cilindro (PMS), abriéndose así la válvula de admisión para dar paso a la mezcla aire-combustible.

Al momento que el pistón comienza a descender se crea un vacío dentro de la cámara hasta llegar a punto más bajo del motor (PMI).

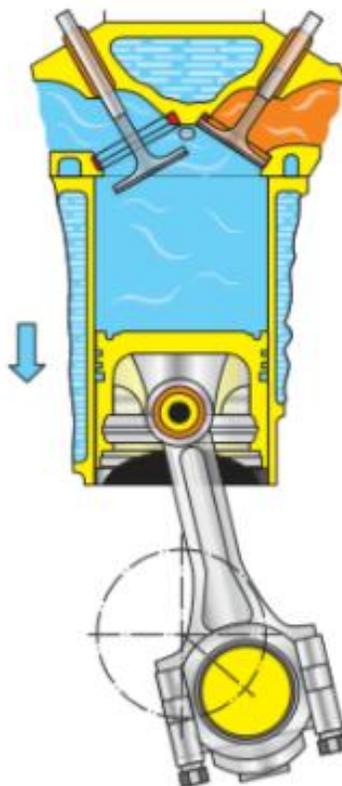


Figura 2.2. Admisión.

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 64)

En la Figura 2.2 se muestra el momento en el cual el pistón desciende al PMI creando vacío, para que así ingrese el aire al cilindro

Compresión. - después de la admisión el pistón empieza a subir desde el PMI hasta el PMS, cuando la válvula de admisión se procede a cerrar, comprimiéndose así la mezcla del aire combustible hasta llegar al punto más alto de la cámara. alcanzando así la presión máxima justo en el PMS.

El volumen total de la mezcla corresponde a la cámara de compresión, aumentando así considerablemente la temperatura. La temperatura no debe provocar una combustión espontanea

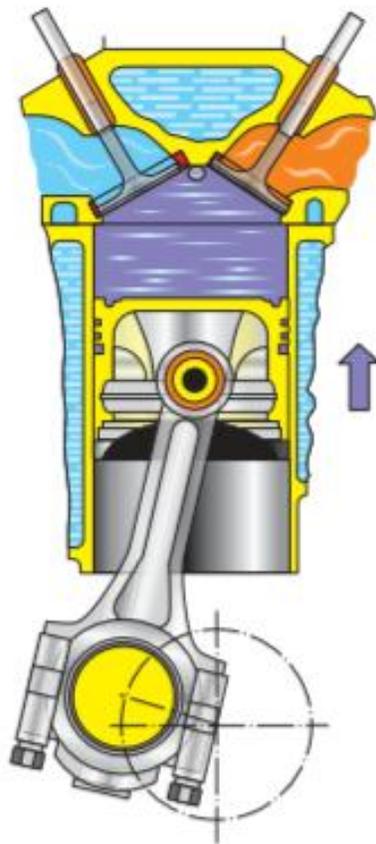


Figura 2.3. Compresión.

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 64)

En la Figura 2.3 se muestra el momento en el que el pistón empieza a subir hacia el PMS, comprimiendo la mezcla aire combustible

Trabajo. – este ciclo se divide en tres etapas:

Primera. - al momento que a mezcla llega a una presión máxima de 600 lb/lb/in^2 aproximadamente (Giraldi, 1985), salta una chispa en los electrodos de la bujía provocando una explosión.

Segunda. - debido a la chispa se provoca la combustión de la mezcla, causando un aumento de temperatura y presión.

Tercera, Con el aumento de presión se produce la expansión de los gases, empujando así al pistón al PMI.

Debido a este ciclo se aporta la correspondiente energía a causa de la expansión y la presión de los gases quemados. Causados debido a que las válvulas permanecen cerradas.

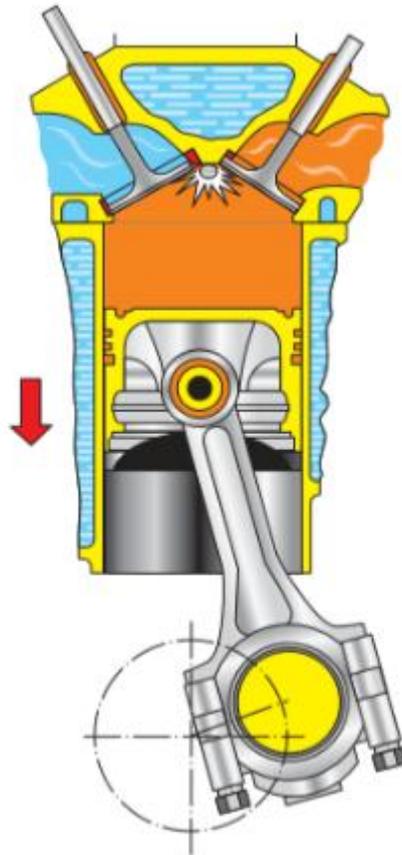


Figura 2.4. Trabajo.

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011)

En la Figura 2.4 se muestra el momento en el cual el pistón es desplazado hacia el PMI debido a la explosión provocada por la chispa de la bujía

Escape. - con la mezcla quemada en la cámara, el pistón comienza a subir nuevamente, al tiempo que a válvula de escape empieza a abrirse para así liberar los gases quemados, culminando así el ciclo de trabajo del motor y por ende se da paso para que un nuevo ciclo comience.

El trabajo útil se realiza solamente en la fase final de la compresión y la fase de expansión, a esto se le conoce como carrera útil. Dejando así a los otros ciclos dependiendo de esa energía para poder realizarse, a estos ciclos se les conoce como carreras pasivas

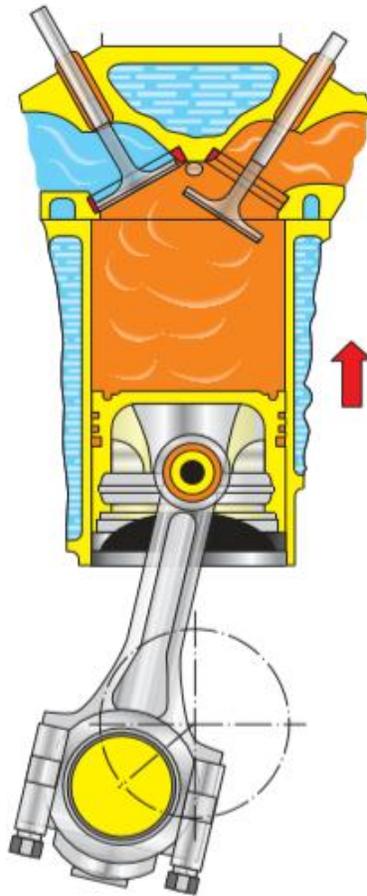


Figura 2.5. Escape.

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 65)

En la Figura 2.5 el pistón asciende al PMS, liberando así los gases quemados producidos por la explosión.

2.1.3.2. Ciclo práctico

Para un mejor rendimiento del motor las válvulas realizan ciertos avances y retrasos en su apertura y cierre, ya que estas necesitan de un determinado tiempo para abrir y cerrarse, igualmente la mezcla del combustible necesita de arder y desplazarse por los conductos.

Avance a la apertura de admisión (AAA). - la válvula de admisión se abre ligeramente antes de que el pistón llegue al PMS. al llegar el pistón al PMS la válvula ya se encuentra abierta en su totalidad, logrando así que la mezcla entre con facilidad.

Retraso al cierre de admisión (RCA). - las válvulas de admisión se cierran con un retraso después de llegar al PMI, aprovechando así la inercia de los gases para que sigan entrando en el cilindro. Con esto se logra un mayor llenado del cilindro.

Avance de encendido (AE). - cuando el pistón esté a punto de llegar al PMS, un momento antes salta una chispa de los electrodos de la bujía, provocando un encendido y combustión rápida de la mezcla. Logrando así que la presión máxima se de en el PMS.

Avance de apertura del escape (AAE). - la válvula de escape se abre antes de que el pistón llegue al PMI, facilitando así la salida de los gases, gracias a la presión existente en el cilindro. Ayudando así a que el pistón se desplace fácilmente hacia el PMS.

Retraso del cierre de escape (RCE). - la válvula de escape se cierra después de que el pistón llega al PMS, expulsando así la mayor cantidad de gases al exterior, consiguiendo así que exista un efecto de aspiración sobre los gases frescos.

Cruce de válvulas. - se da con el pistón en el PMS, cuando el tiempo de escape se termina, dejando después unos grados de apertura de la válvula de escape y la admisión esta por empezar, adelantando su apertura. Dejando así un tiempo en que las dos válvulas se encuentran abiertas, esto ayuda a eliminar a los gases quemados, mejorando así el rendimiento del motor.

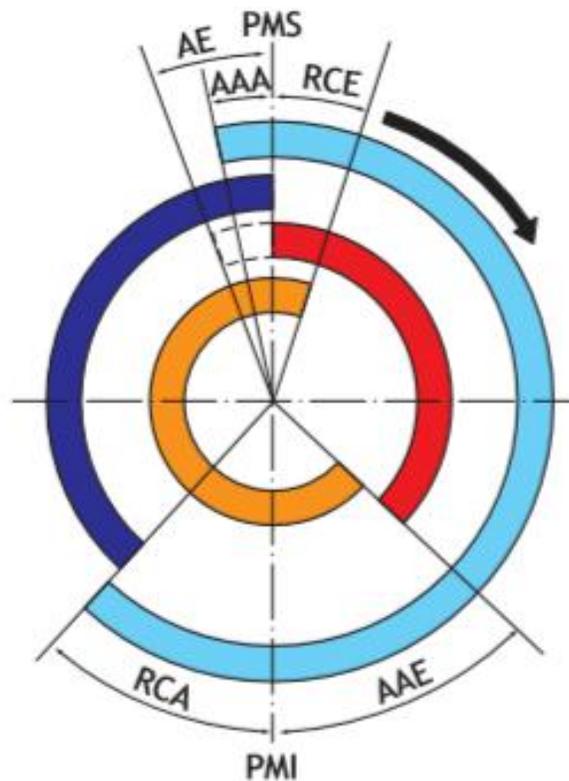


Figura 2.6. Diagrama completo de la distribución.

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011)

En la Figura 2.6 se muestra el ciclo práctico del motor, mediante un diagrama, en el cual se explica el adelanto y retraso de las válvulas en cada ciclo.

2.2. COMPONENTES SEGMENTADOS DEL MOTOR.

El funcionamiento del motor depende de varios elementos constructivos, que actúan sincronizadamente para tener un funcionamiento adecuado.

Componentes fijos. - son elementos mecánicos que sirven como alojamiento, soporte o guía de las partes móviles del motor. Entre estas podemos encontrar:

1. Bloque de motor

2. Culata
3. Carter
4. Tapa de balancines

Componentes móviles. - también conocido como tren alternativo, estos elementos mecánicos tienen como función transformar la energía química en mecánica.

Mecanismos o componentes auxiliares. - entre ellos se encuentran los diferentes sistemas auxiliares que sirven para mejorar su funcionamiento

1. Sistema de distribución
2. Sistema de lubricación
3. Sistema de refrigeración

2.2.1. COMPONENTES MÓVILES

Los motores MEP constan de las siguientes partes móviles:

1. Pistón
2. Anillos o segmentos
3. Bulones
4. Bielas
5. Cigüeñal
6. Casquillo de fricción o semicojinetes
7. Volante del motor

2.2.1.1. Pistones.

Está expuesto al trabajo fuerte y a grandes cargas de presión, el pistón es el encargado de recibir toda a fuerza de la explosión y transmitirlo a la biela para que esta con ayuda de cigüeñal generen el giro.

Es un elemento que se desplaza dentro cilindro con un movimiento lineal alternativo, siendo el cilindro una guía (Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011)

El pistón está sometido a varias condiciones de trabajo como presiones elevadas, variaciones de temperatura e inercia en las aceleraciones y desaceleraciones pasando desde un punto 0 a alcanzar su velocidad máxima.

Decido a estas condiciones de trabajo el pistón posee características como:

1. Para cada tipo de motor su fabricación, materiales y diseño son específicos.
2. Resistencia a temperaturas elevadas y esfuerzos mecánicos
3. Posee conductividad térmica y disipa el calor hacia el sistema de refrigeración
4. Estanqueidad
5. Su coeficiente de dilatación es bajo
6. Cualidad de deslizamiento alto
7. Es ligero

Es fabricado comúnmente de aluminio y silicio, su proceso de fabricación consiste en una fundición en coquilla o forjado por estampación. Para aumentar su resistencia y capacidad de deslizamiento se mecanizan y tienen un tratamiento térmico o químico

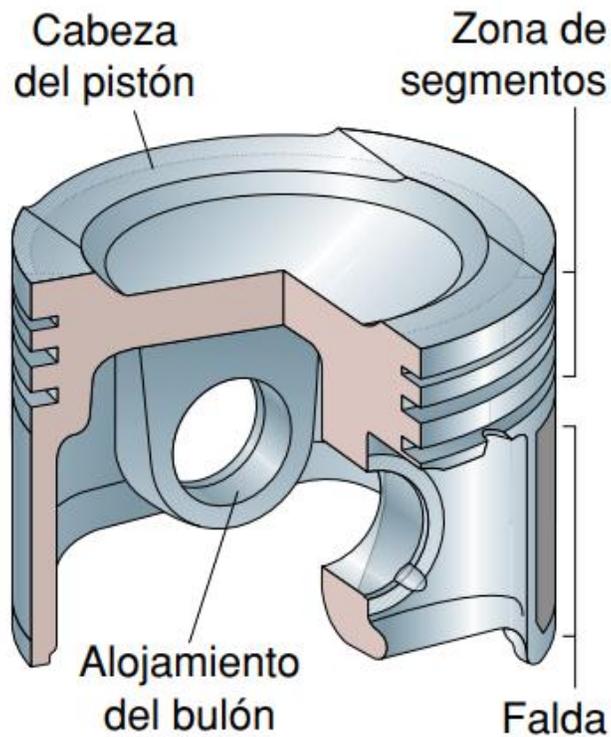


Figura 2.7. Constitución del pistón

(Sanz, 2017, pág. 228)

El pistón se divide en diferentes partes que se muestran en la Figura 2.7 y se explican a continuación:

Cabeza. - posee una gran conducción térmica y una resistencia mecánica elevada.

Zona de segmentos. - es la parte en donde están un ubicados los segmentos, en la parte superior del cejado existen presiones y temperaturas elevadas, debido a esto se pone un cejado postizo de fundición.

Zona del bulón. - es la parte más reforzada del pistón ya que trasmite el movimiento hacia el pie de biela.

Falda del pistón. - sirve para guiar al pistón y así evitar un cabeceo. Para disminuir el rozamiento se suele colocar una serigrafía de grafito y de molibdeno.

2.2.1.2. Anillos o segmentos.

Son elementos elásticos abiertos que se encargan de transmitir el calor del pistón hacia las paredes del cilindro que es disipado debido al sistema de refrigeración.

Están ubicados en la parte superior del pistón y son los encargados de sellar la compresión, rascar el lubricante y desplazándolo hacia el Carter y así evitando que residuos de lubricante se fugen hacia la cámara. Mejorando la compresión y permitiendo una libre movilidad del pistón en el cilindro sin que exista nada de fricción.

Su fabricación es una aleación de hierro con níquel, manganeso y silicio. En el caso de los segmentos de fuego se utiliza también un tratamiento superficial de nitruración o cementación

Existen tres tipos de segmentos los cuales son:

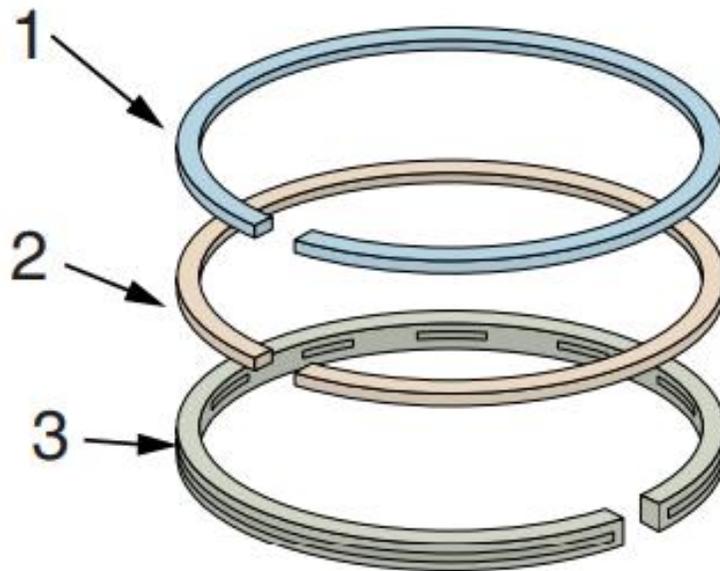


Figura 2.8. Segmentos del pistón

(Sanz, 2017, pág. 231)

En la Figura 2.8 se muestra los tres tipos de segmentos, el segmento de fuego (1), el segmento de compresión (2) y el segmento de engrase (3) que se explican a continuación

Segmento de fuego.- Está ubicado en la parte superior del pistón y su función es de soportar la temperatura de la explosión y disipar el calor hacia los cilindros.

Segmento de compresión.- es el encargado de ayudar con la compresión del cilindro, evitando fugas de gases. Además, ayuda con el raspado del lubricante.

Segmento de engrase o rascador.- están encargados de la lubricación en el cilindro, raspando el exceso de aceite. También son conocidos como segmentos de limpieza o rascador.

2.2.1.3. Bulones.

Es el encargado de unir el pistón con la biela, transmitiendo así la fuerza de combustión. Está sujeto a fuerzas de flexión.

El tipo de bulón se define por la manera que van sujetos.

Bulón flotante.- Interpuesto por un casquillo de bronce, permite una oscilación en la biela y la llegada de lubricante.

Bulón fijo. - se consigue la fijación en el pie de biela bajo presión, debido a que el bulón es ligeramente de mayor diámetro.

La composición de bulón es acero cementado con carbono, manganeso, cromo y silicio.

2.2.1.4. Bielas.

Se encarga de transmitir la fuerza de la explosión sobre el pistón, hacia el cigüeñal transformando así de un movimiento lineal a circular.

Está dividida en tres únicas partes que son la cabeza que está ubicada en la parte inferior de la biela unida al cigüeñal y sujeta por el sombrerete de biela, consta de semicojinetes que evitan el contacto directo evitando así la fricción entre estos dos elementos.

El cuerpo que es la parte más rígida ya que estará sometido a fuerzas de flexión con secciones en forma de H o doble T y el pie de biela que es el que gira conjunto con el bulón.

En ocasiones para una mejor lubricación, la biela tiene una perforación por la cual el lubricante circula, logrando una buena lubricación.



Figura 2.9. Biela con pie trapezoidal

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 32)

En la Figura 2.9 se muestra dos bielas con pie trapezoidal, estas transmiten la fuerza del pistón hacia el cigüeñal.

Sus características son:

1. Para soportar los esfuerzos mecánicos y la inercia a la que la biela es sometida, necesita de una robustez, pero a la vez debe ser lo más ligera posible.
2. Soporta los esfuerzos de tracción al admitir la biela
3. También soporta esfuerzos de flexión y compresión ya que transmite la fuerza de compresión proveniente de la cámara.

Los materiales de fabricación de la biela son el acero al cromo-molibdeno con manganeso y silicio. otra seria acero al cromo-vanadio, al cromo-níquel o acero al carbono con aleaciones de cromo y níquel. Para un posterior mecanizado para los orificios de lubricación hacia el bulón y cigüeñal.

2.2.1.5. Cigüeñal.

Está situado entre el cárter y el bloque de cilindros, y es el encargado de transformar el movimiento lineal del pistón que es producido por la combustión, en un movimiento circular que será transmitido hacia el sistema de transmisión para dar movimiento al automóvil su cantidad de cotos es directamente proporcional con el número de cilindros.



Figura 2.10. Cigüeñal

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011, pág. 33)

En la Figura 2.10 se puede ver un cigüeñal de un motor de 4 tiempos

Sus características son:

1. Para establecer la forma del cigüeñal se debe tomar en cuenta varios aspectos como el número de cilindros, el orden de encendido, el número de apoyos en la bancada, o el tipo de motor
1. Al estar sujeto a un constante movimiento su lubricación se realiza a presión desde los apoyos de bancada, hacia las muñequillas de biela por medio de orificios de lubricación evitando así la fricción.

2. Soporta grandes cargas de flexión y torsión, por ende, debe resistencia a las vibraciones e inercia también debe tener flexibilidad.

Las partes del cigüeñal son:

Muñequillas de bancada o apoyos. – ubicado en el bloque de cilindros, donde el cigüeñal va montado, la cantidad de apoyos varía dependiendo de los cilindros del motor sumado uno más.

Muñequillas de biela o codos. - en estos se fija la cabeza de biela, la cantidad es igual a la cantidad de cilindros y depende del tipo de motor.

Contrapesos. - parte importante en el cigüeñal ya que dan un equilibrio perfecto al cigüeñal, evitando así desperfectos.

En un extremo podemos encontrar el amarre del plato de cigüeñal, donde se ubica el volante de inercia

Por su parte en el otro extremo se encuentra el chavetero, donde se fija el piñón de distribución.

Debido a que los esfuerzos del cigüeñal son grandes, su fabricación debe ser de materiales resistentes que soporten el movimiento sin desgastarse ni romperse. Por tanto, se utiliza acero al cromo-molibdeno con cobalto y níquel, dándole después un tratamiento superficial de nitruración, revenido, cementación o temple.

2.2.1.6. Casquillos de fricción o semicojinetes.

Son utilizados para evitar el contacto directo y el rozamiento entre el cigüeñal y la biela o el cigüeñal y la bancada, evitando el desgaste, pérdidas de potencia y la elevación temperatura. Están ubicados en la cabeza de biela y el cigüeñal, su forma de medialuna les permite adaptarse a los codos del cigüeñal.

También existen casquillos axiales que limitan el juego axial entre el cigüeñal y la bancada, aunque a veces estos pueden ser de una sola pieza con los casquillos de bancada centrales.

Características

1. Resistencia a la compresión
2. Evitar el desgaste, la fatiga y el gripaje

3. Buena conductividad térmica
4. Permite la entrada de partículas de lubricante, evitando así el daño del cigüeñal.

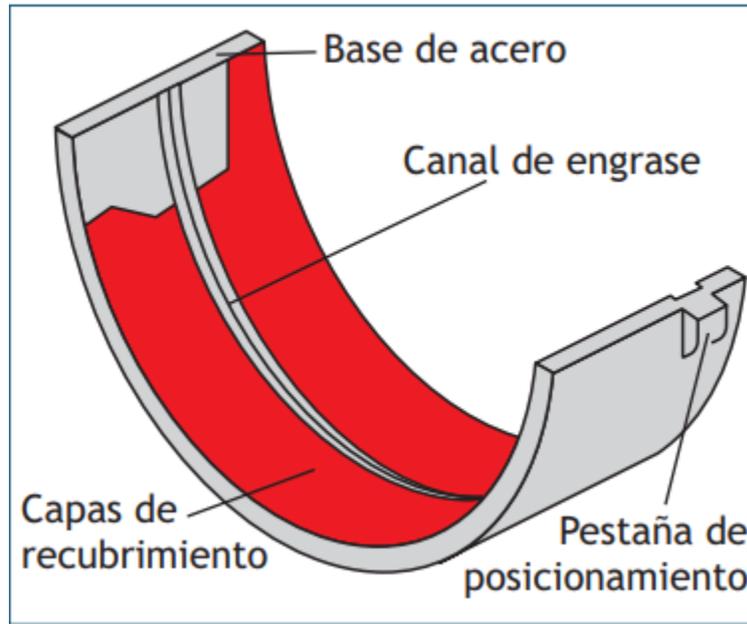


Figura 2.11| Cojinetes

(Escudero, González, Rivas, & Suárez, 2011)

En la Figura 2.11 se muestra a un cojinete con sus partes. Su fabricación debe ser con exactitud, ya que por una imperfección puede ocasionar graves daños al cigüeñal por su constante movimiento, complementado con un sistema de engrase que rellena de lubricante por dinas capaz a presión.

Se fabrica a base de una platina de acero que se curva conveniente con el radio necesitado, recubierto en donde la fricción es realizada, de diferentes capas de aleaciones como el cobre estaño aluminio o plomo.

2.2.1.7. Volante de motor.

También conocido como volante de inercia. Su función es la de estabilizar el motor cuando este no esté acelerado evitando así la caída de rpm y subsanar las diferencias de trabajos realizados en las carreas de cada uno de los cilindros ya que estas no son uniformes, su masa es importante ya que

ayuda a almacenar energía cinética de las carreras motrices para poder cederla hacia las carreras no motrices.

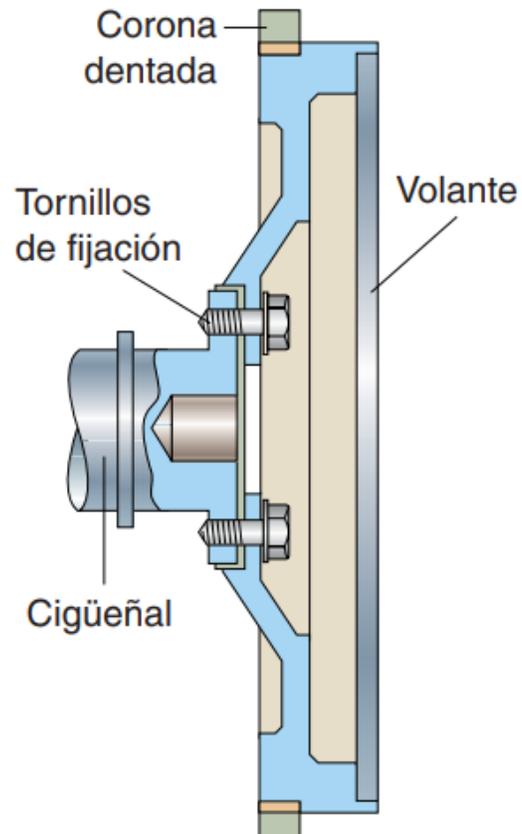


Figura 2.12. Volante de inercia

(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017)

En la Figura 2.12 se muestra cómo se acopla el volante de inercia con el cigüeñal. También se acoplan diferentes sistemas y partes del motor para así transmitir movimiento a base de corras o cadenas.

La fabricación del volante de motor varía dependiendo la necesidad de su peso. Si el volante llega a ser más ligero tendría una caída de rpm, pero una aceleración más óptima por lo que es utilizado mayormente en motores con varios cilindros. Por su parte con un volante más pesado tendremos una mejor velocidad del motor, perdiendo algo de aceleración.

2.3. FALLAS.

Se reconoce como falla cuando una o varias piezas mecánicas dejan de funcionar y son incapaces de cumplir sus funciones de operación.

“Un sistema mecánico ha fallado cuando: deja de operar, por ejemplo, en el caso de una fractura del cigüeñal del motor de un vehículo, lo cual anula su funcionalidad, lo cual es considerada una falla catastrófica, ya que se genera una parada total del vehículo” (Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 26)

2.3.1. CLASIFICACIÓN DE LAS FALLAS.

La clasificación de las fallas varía dependiendo del tiempo, de su consecuencia y de su etapa de evolución.

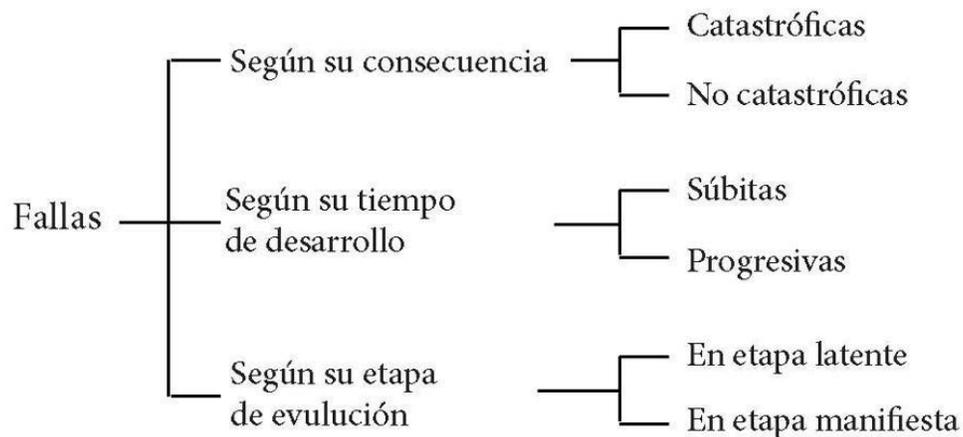


Figura 2.13 Clasificación de fallas.

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 27)

En la Figura 2.13 se muestra los diferentes tipos de fallas que serán explicados a continuación:

Fallas catastróficas.- Consideran así debido a que causa una paralización del motor, lo que puede ocasionar desperfectos en el automóvil con posibilidades de provocar un accidente.

Fallas no catastróficas.- Son desperfectos que a simple vista no son visible ni son perceptivos para una persona, debido a que no afecta directamente el funcionamiento del motor.

Fallas súbitas.- Son aquellas que no es detectada tempranamente por el sistema electrónico del automóvil, debido a que su desarrollo se da en tiempos cortos.

Fallas progresivas.- Por su parte cuando una falla se desarrolla por un tiempo prolongado, se pueden detectar con tiempo antes de que se convierta en un daño grave.

Falla en etapa latente.- Se conoce como latente, cuando la falla está presente en el mecanismo, pero no presenta ninguna modificación en su funcionamiento.

Falla en etapa manifiesta.- Se muestra cuando el mecanismo ya muestra anomalías en su funcionamiento.

2.3.2. MODO DE FALLA Y MECANISMO DE FALLA.

Se denomina modo de falla a la manera que se desgasta o se degrada el material. Y el proceso con el cual la falla se produce es conocido como mecanismo de falla.

Fallas por deformación y por vibración.- Si debido a las cargas o el trabajo, una pieza mecánica sufre una deformación en su forma de diseño, se conoce como fallas por deformación. Por su parte al existir una vibración anormal en el funcionamiento del mecanismo puede ocasionar fallas por vibración.

Estos dos tipos de fallas se pueden relacionar debido a que la vibración es una deformación cíclica. (Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 29)

Fallas por fractura.- Se reconocen cuando la pieza presenta una rotura en dos o más partes, debido a la presencia de grietas ocasionadas por las cargas trabajadas.

Fallas por desgaste y por corrosión.- Estas fallas modifican el diseño de la pieza mecánica debido a que agregan, remueven o desplazan materiales en sus superficies. El desgaste existe cuando el material se desgasta mediante esfuerzos de contacto o deslizantes. Por su parte la corrosión se da por acciones externas a la pieza como químicos.

2.4. DESGASTE

Es el daño superficial que sufre un objeto mecánico a lo largo de su vida útil, se da por la remoción o desplazamiento de material mediante procesos mecánicos de contacto con sólidos líquidos o gases. El desgaste no siempre suele ser mecánico, ya que se puede producir desgaste por medio de reacciones químicas que son inducidos en el proceso de trabajo.

El desgaste se puede clasificar según el modo de falla predominante o reportándose los modos de falla cooperantes o sinérgicos (Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 256).

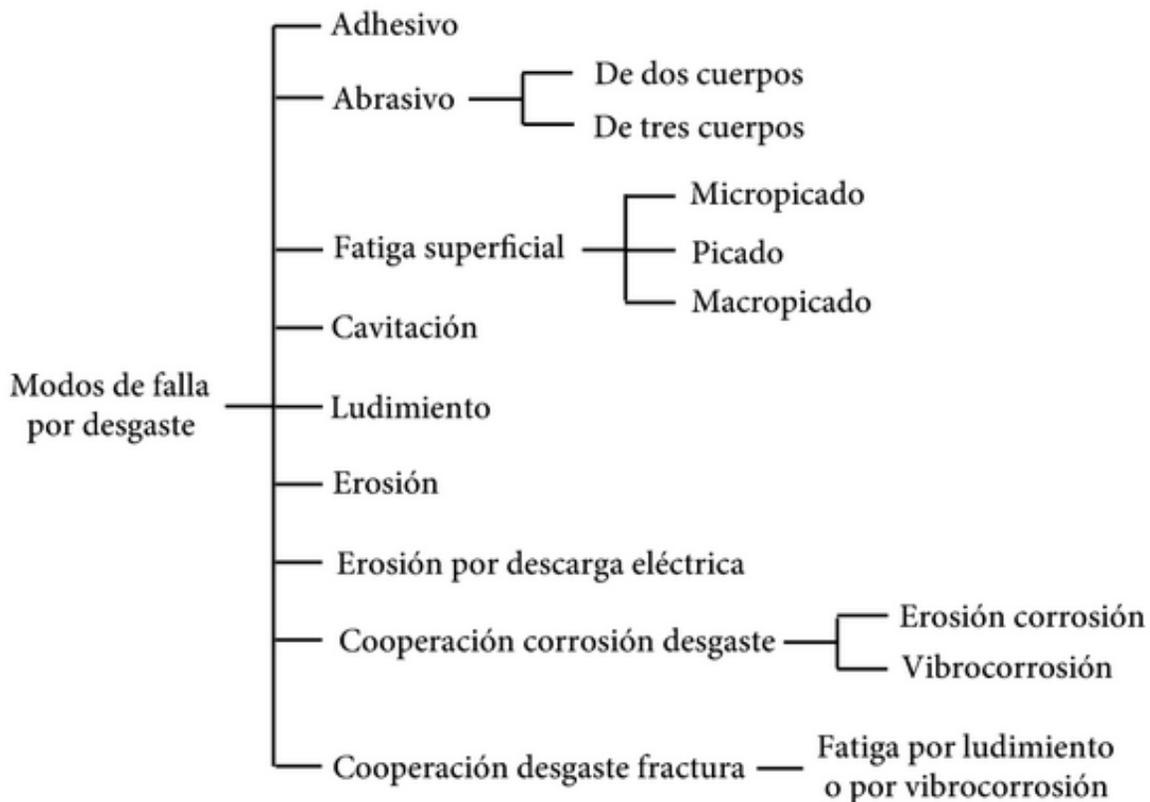


Figura 2.14. Análisis de falla

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017)

En la Figura 2.14 se muestran un análisis de falla en base al desgaste, el desgaste se ramifica dependiendo del estado en el cual se produce y el modo por el cual es causado.

2.4.1. FATIGA EN SUB-SUPERFICIE

Este tipo de desgaste se presenta por la gran cantidad de ciclos de altos esfuerzos de carga que flexiona el metal causando así grietas en la subsuperficie, propagándose hasta la superficie, llegando hasta remover la superficie metálica por completo. Se da mayormente en rodamientos, engranajes y cualquier material que utilice una lubricación elasto-hidrodinámica.

Este desgaste se da por inclusiones o defectos por debajo de la superficie del metal, estas anomalías se propagan hasta llegar hasta la superficie del metal, causando así el desprendimiento o la delaminación. A este tipo de desgaste también se le conoce como picaduras mecánicas

2.4.2. FATIGA INICIADA EN SUPERFICIE

Se da cuando la película de lubricante comienza a desgastarse por falta de régimen de lubricación, esto ocasiona la fricción de contacto entre metal con metal. La degeneración o el desgaste del metal comienza por la superficie de mate o el esmerilado, volviéndose en un daño visible. Agravándose por las cargas cíclicas de los elementos en fricción, creando microgrietas ásperas y micro desconchado. Llegando hacia dentro del metal.

También se da por una deformación plástica, que comienza cuando partículas contaminantes que se encuentran en el aceite, entran en contacto con la pista y el rodamiento, o entre los engranajes, causando así daño en la superficie.

2.4.3. DESGASTE ABRASIVO

Es una forma común de desgaste, se da por contaminación de partículas y la rigurosidad de las partículas.

Abrasion de tres cuerpos.- Se da cuando un contaminante un tanto duro y de una medida similar al espesor de la película del lubricante, esta se encuentra inmersa en una de las superficies para después debido al movimiento relativo va comprimiéndose entre las dos superficies de contacto.

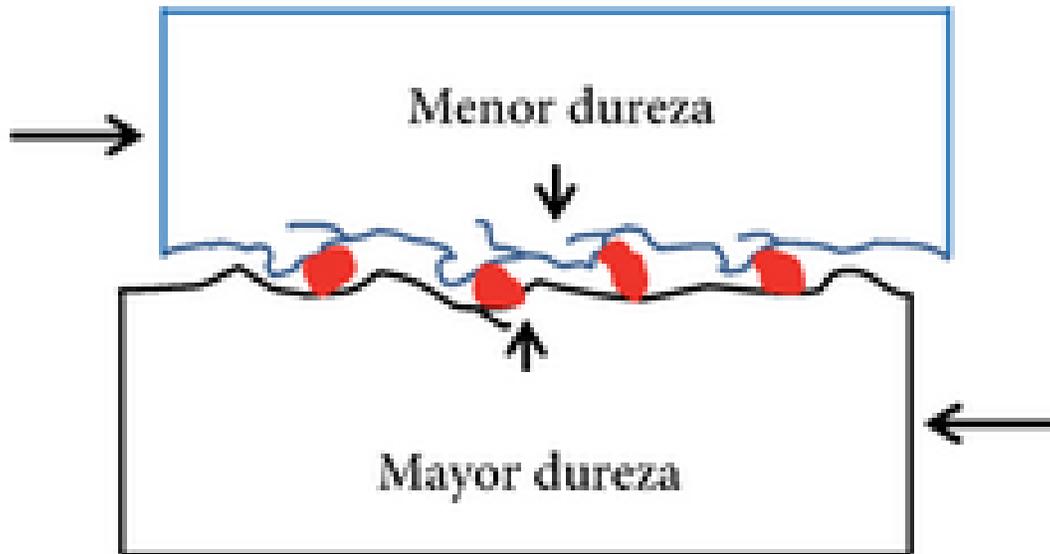


Figura 2.15. Desgaste abrasivo de tres cuerpos

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 257)

En la Figura 2.15 se muestra cómo se desgasta un cuerpo debido a la abrasión de 4 cuerpos extraños al mecanismo. Al momento que la partícula supera el espesor de la película del lubricante, se da un arañado, arado ranurado en la superficie. Cuando la partícula es fina, causa una abrasión leve dando una apariencia de mate o pulida.

Abrasión de dos cuerpos.- Se da cuando las asperezas de una superficie, roza con la pared de la otra superficie, causando una fricción entre las dos superficies y así desgastando los metales.

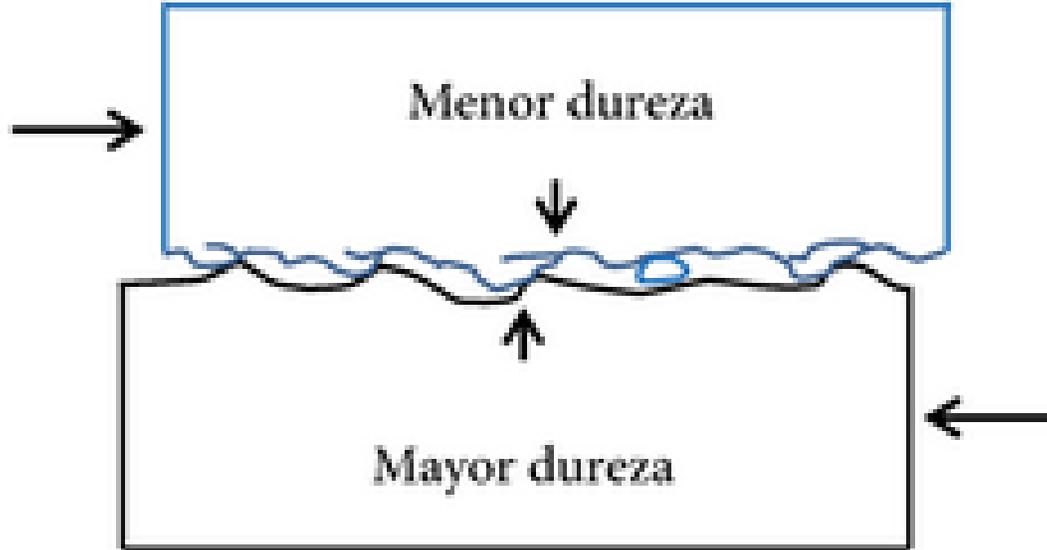


Figura 2.16. Abrasión dos cuerpos

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 257)

En la Figura 2.16 se muestra como 2 cuerpos entran en contacto directo, creando así un contacto abrasivo. Esto es ocasionado debido a una lubricación inadecuada o una excesiva rugosidad en una de las superficies.

2.4.4. DESGASTE ADHESIVO

Se da cuando existe una transferencia de metal entre dos superficies metálicas encuentran en contacto. Esto es causado por el aumento de temperatura, presión y altas cargas, esto ocasiona que las asperezas de las dos superficies, que se encuentran en movimiento rotativo, entren en contacto y se suelden. Para después separarse, rompiendo así el metal en pequeñas y minúsculas secciones o virutas.

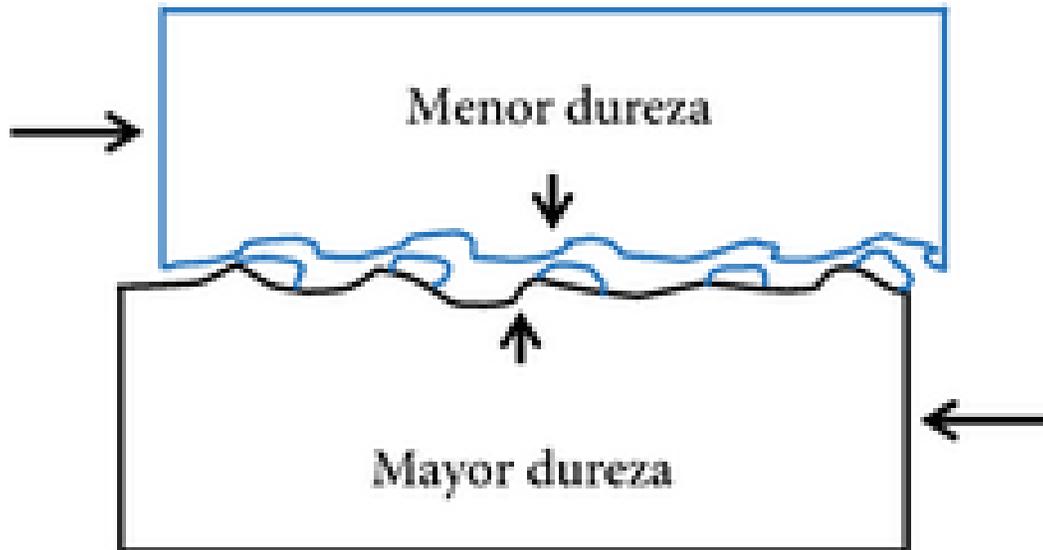


Figura 2.17. Desgaste adhesivo

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 257)

En la Figura 2.17 se muestra como dos superficies metálicas de diferente dureza entran en contacto, generando así virutas de metal. La superficie después del contacto puede quedar áspera o relativamente suave por la deformación del metal. Esto ocurre por una lubricación deficiente o el uso de un aceite inadecuado. Las partes más afectadas suelen ser los anillos y cilindros, cojinetes y engranajes.

Cuando el desgaste inicia su periodo inicial de asentamiento, se forma un desgaste suave, como hojuelas. Un desgaste más moderado, genera un rayado, y cuando un desgaste sea más severo provoca raspado, agarrotamiento y desplazamiento del material.

2.4.5. CORROSIÓN

La corrosión se presenta cuando existe la presencia de humedad, ya sea causada por agua o no.

Continuación se explica los diferentes tipos de corrosión.

Corrosión húmeda.- Se da cuando hay pérdida de material mecánico por presencia de la humedad, causando una reacción química oxidativa. No es necesario que las dos superficies de metal se encuentren en contacto e inclusive se puede dar con una película de lubricante óptima.

Esta coloración se puede dar por la contaminación y degradación del aceite en uso, aunque la mayor parte de lubricantes tienen inhibidores de corrosión, el uso prolongado del lubricante puede causar que este inhibidor pierda su capacidad de proteger el material mecánico, contra la acidez corrosiva del fluido. Hasta llegar a parecer picaduras en la superficie del metal.

Corrosión por fricción.- Esta causada por micro movimientos cargados o vibración entre las superficies de contacto, sin contaminación de agua, pero con una presente humedad en el material. Y se presenta de dos maneras que son:

Corrosión por rozamiento.- el desgaste por rozamiento es agravado debido a la corrosión. Se da cuando existen muchos micro movimientos oscilantes entre las partes mecánicas en contacto, y el lubricante no ha sido reemplazado a su debido tiempo, causando la adhesión.

Se presenta con un óxido color marrón rojizo sobre el acero y negro sobre el aluminio, desprendiéndose del metal unas pequeñas virutas en forma de hojuelas. Esta corrosión se da en engranajes, acoples estriados, y en superficies en donde no exista rodamiento. Esta corrosión también se puede dar en materiales que no se oxidan.

Falsa fractura Brinell.- se da en elementos no rotativos, y se muestran en los contactos donde se encuentran los elementos rodantes. Aparecen en forma de hendiduras brillantes con virutas negras. Cuando el elemento rodante está trabajando, el desgaste de la superficie puede aparecer de color gris y en forma ondulada. Causando el agotamiento del metal rodante y por ende causar una falla.

2.4.6. EROSIÓN ELÉCTRICA.

Se da cuando una corriente eléctrica recorre dos superficies de metal por medio de la película del lubricante. Es diferente a la erosión causada por partículas y se divide dependiendo de su severidad.

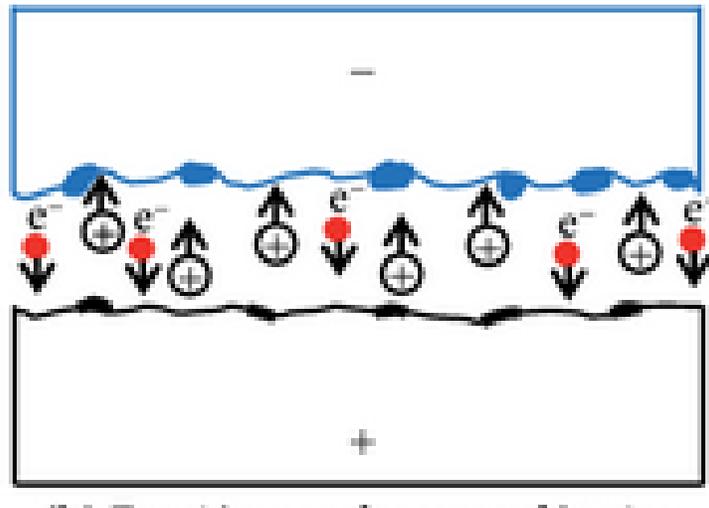


Figura 2.18. Erosión eléctrica

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 257)

En la Figura 2.18 se muestra como la corriente eléctrica afecta las superficies, causando así un desgaste ocasionado por erosión eléctrica

Voltaje excesivo.- Cuando un exceso de voltaje o amperaje pasa por dos materiales mecánicos, causan calor y vaporación que se trasforma en fundición, afectando los materiales metálicos. Como resultado se muestran cráteres grandes y profundos o picaduras. Esto se puede ocasionar debido a soldaduras y aislamientos inadecuados.

Fugas de corriente.- Causado por una corriente continua de baja intensidad, causando daños de formas de cráteres superficiales con una coloración gris.

2.4.7. DEFORMACIÓN PLÁSTICA

Cuando el metal está bajo sobrecargas o impactos, causa incisiones, hendiduras o depresiones que ocasionan daños de deformación irreversibles. Estas deformaciones por lo general tienen una especie de anomalía, parecido a un labio levantado, que incrementa el esfuerzo causando una fatiga que inicia en la superficie y por ende llega a la formación de picadura o desgaste adhesivo.

Se caracteriza en 3 etapas:

1. Sobrecarga o brinell real
2. Hendiduras por virutas
3. Hendiduras por manejo inadecuado

Sobrecarga o brinell real.- Son cargas estáticas o de choque, también puede ser afectado por impactos o por abusos operacionales. Esto puede ocasionar incisiones permanentes en el metal sin la presencia de cortes o soldaduras. Se puede considerar como sobrecarga a las incisiones que son producto del impacto de martillar sobre los rodamientos. O también se le puede considerar a las hendiduras causadas por la mala manipulación del elemento.

Hendiduras por virutas.- Cuando una partícula se encuentra entre dos materiales metálicos que se encuentran en estado dinámico y sometidos a un proceso de sobre laminado, provoca una deformación plástica. Esto causa una incisión en el elemento rodante, provocando grietas que se propagan hasta dentro del metal.

Hendiduras por manejo inadecuado.- Similar a la hendidura por viruta, con la diferencia de que deja caer o martillar el rodamiento ocasionando sobrecarga puntual. Los golpes ocasionados por materiales duros y puntiagudos pueden ocasionar este tipo de desgaste.

2.4.8. EROSIÓN

Es considerado como un desgaste abrasivo, se da en altas velocidades, se da cuando partículas sólidas entran al fluido, golpeando la superficie y erosionándola. Se da en su mayoría en sistemas hidráulicos y no se da por el contacto de metal con metal.

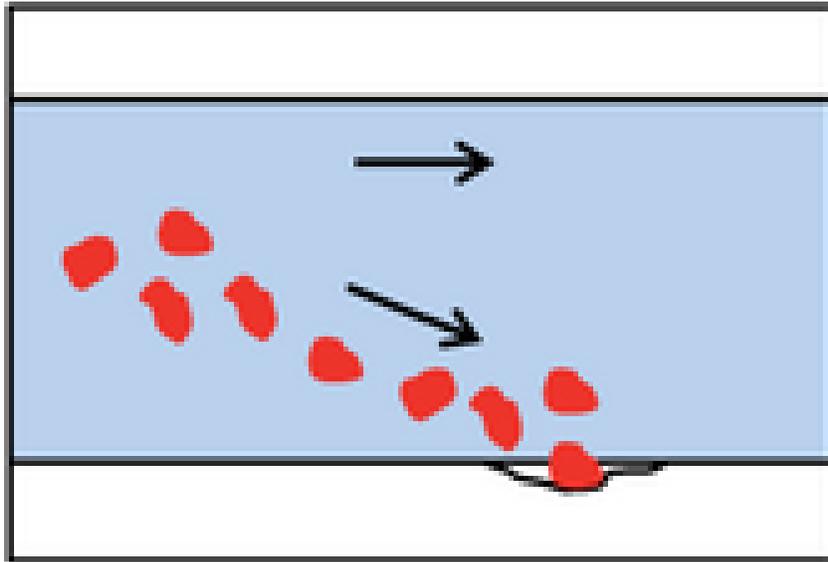


Figura 2.19. Desgaste por erosión

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 258)

En la Figura 2.19 se muestra como las partículas extrañas entran en contacto con la superficie metálica, causando así un desgaste progresivo

2.4.9. CAVITACIÓN

Se da cuando se forman burbujas de vapor en zonas en las que existen bajas presiones y estas explotan cuando entran en zonas de alta presión, causando la creación de huecos y picaduras en las superficies de metal. El contacto entre dos superficies de metal no es necesario para que exista cavitación.

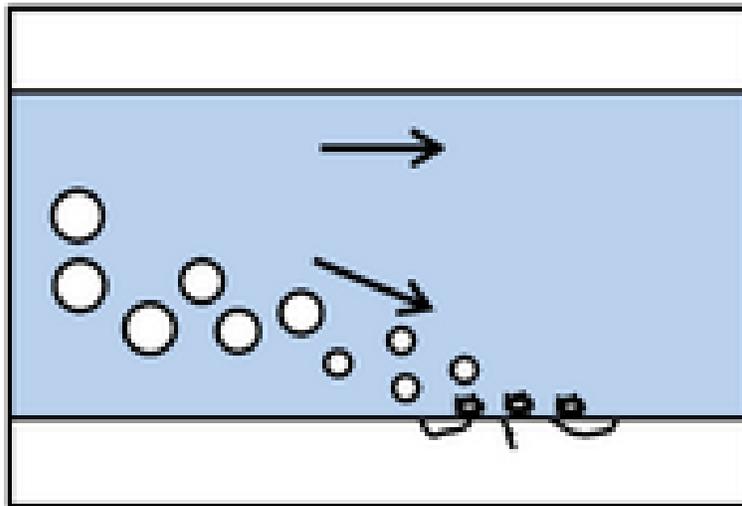


Figura 2.20. Desgaste por erosión

(Espejo Mora & Hernández Albañil, 2017, pág. 258)

En la Figura 2.20 se muestra cómo se crean las burbujas para después, debido a las altas presiones, reducen su tamaño hasta explotar, causando daños en la superficie metálica

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA

Este proyecto se efectuará con diferentes tipos de investigación y métodos de investigación, los cuales nos ayudaran de forma que facilite la obtención de información concerniente con el proyecto a realizar

3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.

Será de tipo bibliográfico debido a que se utilizará medios como manuales de seguridad, revistas científicas, libros y páginas web relacionadas con la mecánica automotriz, que servirá para la búsqueda de información sobre el tema.

La necesidad de la utilización de diferentes tipos de manuales tanto del automóvil como del motor para una buena obtención de información acerca del mantenimiento correctivo.

3.1.2 INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA.

La investigación es tecnológica ya que se utilizará cálculos sobre los diferentes valores medición y causas de desgaste de las partes móviles de un motor. Asegurando un mantenimiento adecuado para la vida útil de motor

La utilización de las diferentes unidades de medida y sistemas de medición, que se utiliza en la metrología. Aplicándolas en cada una de las piezas motrices en el automóvil para un óptimo apriete y calibración por parte del operario.

3.1.3 INVESTIGACIÓN TÉCNICA.

Será técnica debido a que se utilizará los conocimientos técnicos del funcionamiento del motor de combustión interna a gasolina y las diferentes formas de desgaste que se pueden presentar en motores de 1400 CC

La utilización de los diferentes equipos técnicos y herramientas que sirvan para el mantenimiento y medición de las partes móviles de un motor.

3.1.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Para la elaboración de este proyecto se utilizó los siguientes tipos de métodos de investigación

Analítico - Sintético. A medida que se realice el análisis no solamente de aspectos teóricos, científicos, sino también de los resultados o productos que se logren en el proceso investigativo de este proyecto, la gran variedad de información teórica que obtengamos necesariamente tendríamos que sintetizar, sin que por ello perdiera su valor, calidad y didáctica.

Diseño Tecnológico. Para la aplicación de este trabajo de grado se utilizará equipos y herramientas mecánicas con las cuales se pueda recolectar todo tipo de medidas, las cuales ayudaran a la reparación del motor y a asegurar del buen funcionamiento mientras se le de los cuidados pertinentes.

3.2. FLUJOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se muestra el flujograma de actividades que se realizó en el presente trabajo, el cual ayudo a realizar las mediciones pertinentes y los análisis de los elementos móviles.

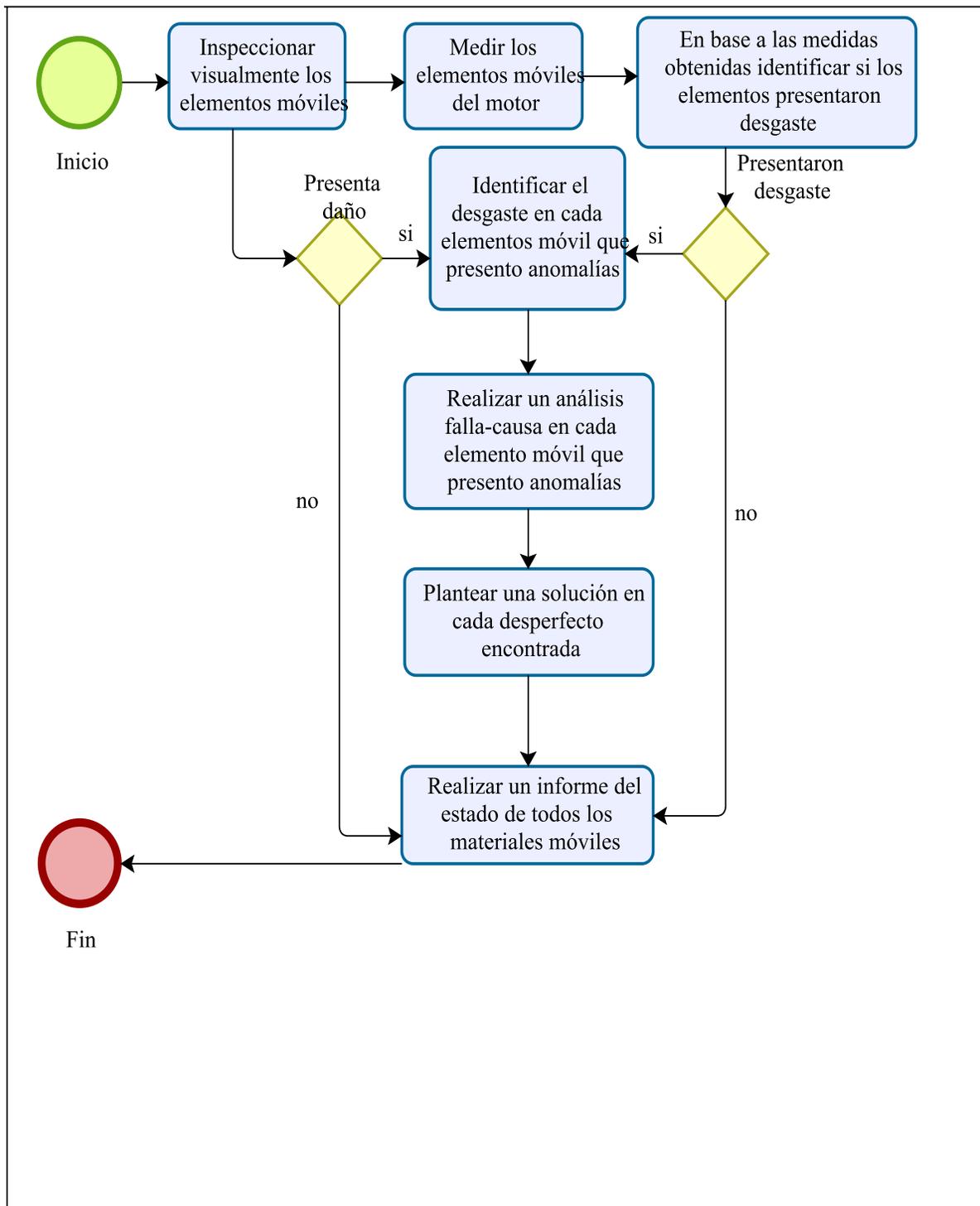


Figura 3.1 Flujograma de actividades

En la Figura 3.1 se muestra el flujograma de actividades que se utilizó para la realización de este proyecto

3.3. INSPECCIÓN TÉCNICA

Se procedió a realizar una inspección técnica en un motor de un Chevrolet corsa Wind de cilindraje 1400 cc. a cada uno de los materiales móviles presentes, con el fin de reconocer los materiales que posiblemente presenten desgaste.



Figura 3.2. Piezas móviles de un motor Chevrolet corsa Wind 1400 cc.

Se procedió al desensamblar el motor hasta poder encontrar y retirar las partes móviles para la realización de una limpieza adecuada y posterior análisis. Como se muestra en la Figura 3.2. El análisis inicial se lo realiza visualmente, reconociendo si el desgaste de las piezas es grave o leve.

3.3.1 RESULTADOS DE LA INSPECCIÓN VISUAL

El desgaste presente en las piezas móviles del motor será explicado a detalle y en orden a continuación.

Pistón.- en el caso de los pistones se analizó el estado de su superficie lateral y la superficie en la que se encuentra la cámara de combustión., así como los tres tipos de rines existentes y el bulón



Figura 3.3. Pistón 1

En la Figura 3.3, se observa el pistón 1 en el cual se encontró pequeñas rayaduras en la falda del cigüeñal, en la cabeza se encontró pequeños golpes en la superficie exterior de la cámara de combustión y pequeñas rayaduras con restos de carbón. Por su parte el bulón y los rines no presentaron ninguna novedad.



Figura 3.4. Pistón 2

En la Figura 3.4, se observa el pistón 2 en el cual se encontró rayaduras más notables en las faldas del pistón, en la zona del bulón no presenta ninguna novedad y en la cabeza del pistón se encontró pequeñas rayaduras y restos de carbón, sin señales de golpes. Por su parte los rines y el bulón no presenta novedad y visualmente se muestran en ben estado.



Figura 3.5. pistón 3

En la Figura 3.5, se observa el pistón numero 3 el cual presentó rayaduras en sus faldas, en la cabeza del pistón presento golpes, rayaduras y cejas, también presento marcas de carbón en la zona de la cámara de combustión. Los rines y el bulón no presentaron novedades en la inspección visual.



Figura 3.6. Pistón 4

En la Figura 3.6, se observa el pistón 4 en el cual se encontró pequeñas rayaduras en las faldas del pistón, en la zona del bulón no presento anomalías, en la cabeza del pistón no presenta ningún golpe y presenta pequeños rastros de carbón en la cámara de combustión. En el bulón y los rines, visualmente no presentan novedades.

Biela.- en el caso de la biela se analizó el estado del cuerpo de biela, del alojamiento del bulón y los casquillos que se encuentran en la cabeza de biela.

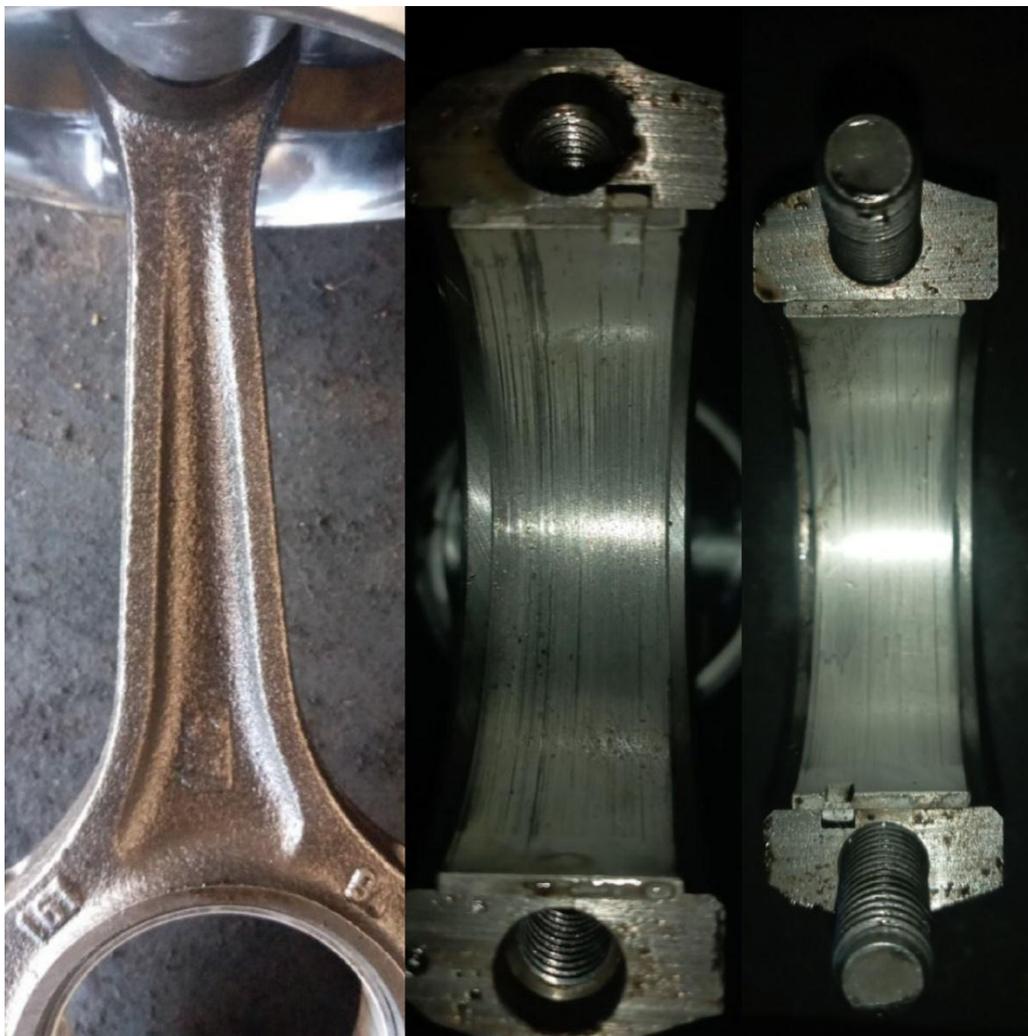


Figura 3.7. Biela 1

En la Figura 3.7, se observa que tanto en el cuerpo, como en el pie de la biela 1 no se encontró anomalías. Por su parte en la cabeza de biela se encontró notables rayaduras en sus cojinetes. Además de eso la posición de los casquillos no se encuentra afectada.

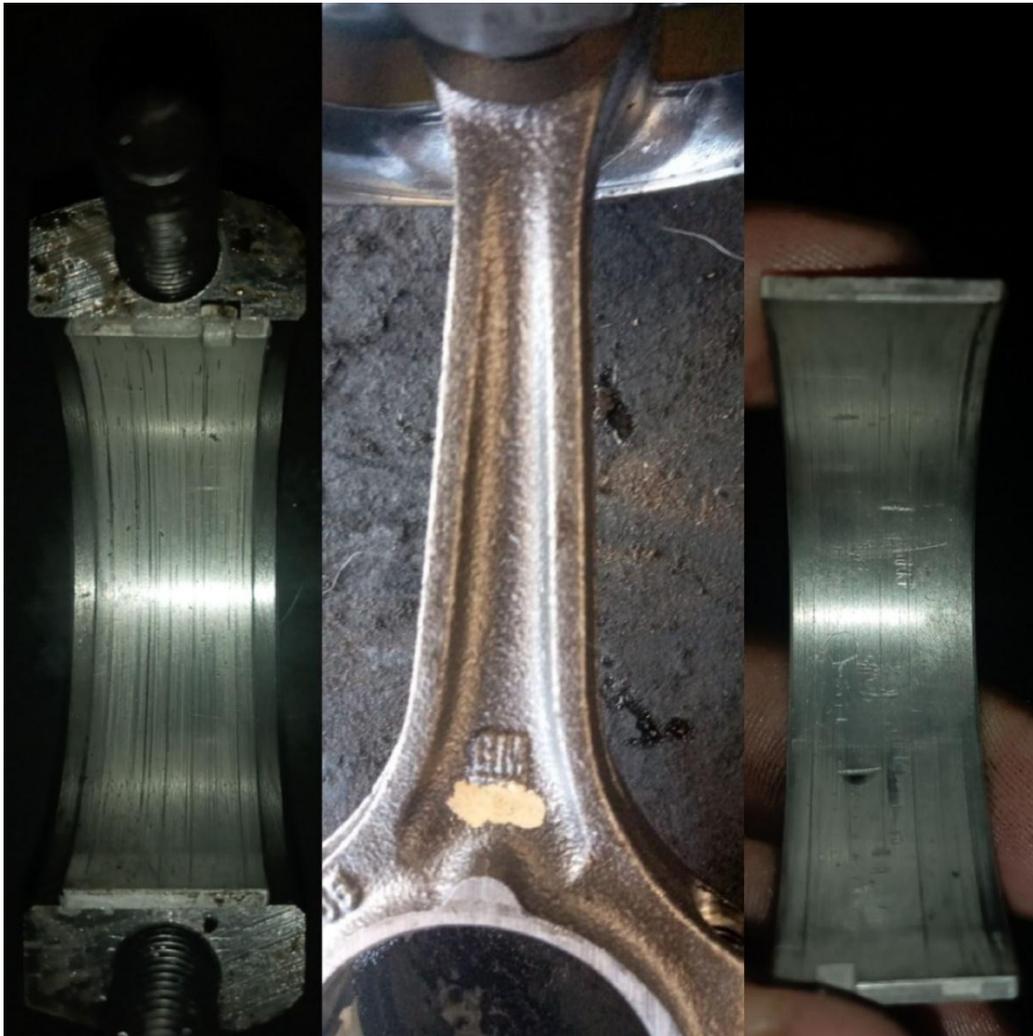


Figura 3.8. Biela 2

En la Figura 3.8, se observa que en la biela 2 no se encontraron anomalías, tanto como en el cuerpo de biela y el pie de biela. Por su parte en la cabeza de biela se encontró rayaduras en sus cojinetes, sin presentar alteraciones en la posición de estos mismos.



Figura 3.9. Biela 3

En la Figura 3.9, se observa que en la biela numero 3 presento una rotura completa en el cuerpo de biela, sus cojinetes se encontraron en mal estado y fuera de lugar. La zona del bulón visualmente no presenta novedad.



Figura 3.10. Biela 4

En la Figura 3.10, se observa que en la biela 4 se encontró rayaduras leves en los cojinetes de la cabeza de biela, estos casquillos no presentan golpes ni deformaciones. Por su parte, tanto en el pie de biela como en su cuerpo, no presentaron novedades. ya que no muestra ninguna señal de golpes ni torceduras.

Cigüeñal.- en el cigüeñal se analizó el estado de los apoyos y muñequillas, así como también se analizó el estado de los cojinetes de bancada.



Figura 3.11. Apoyos

Se procedió a analizar cada uno de los apoyos que se muestran en la Figura 3.11. En el apoyo 1 se encontró pequeñas rayaduras, al igual que en los apoyos 2, 3 y 5. En el apoyo 4 se encontró además de las pequeñas rayaduras, una imperfección en el cigüeñal en la zona de los apoyos, visualmente no presento golpes ni torceduras.

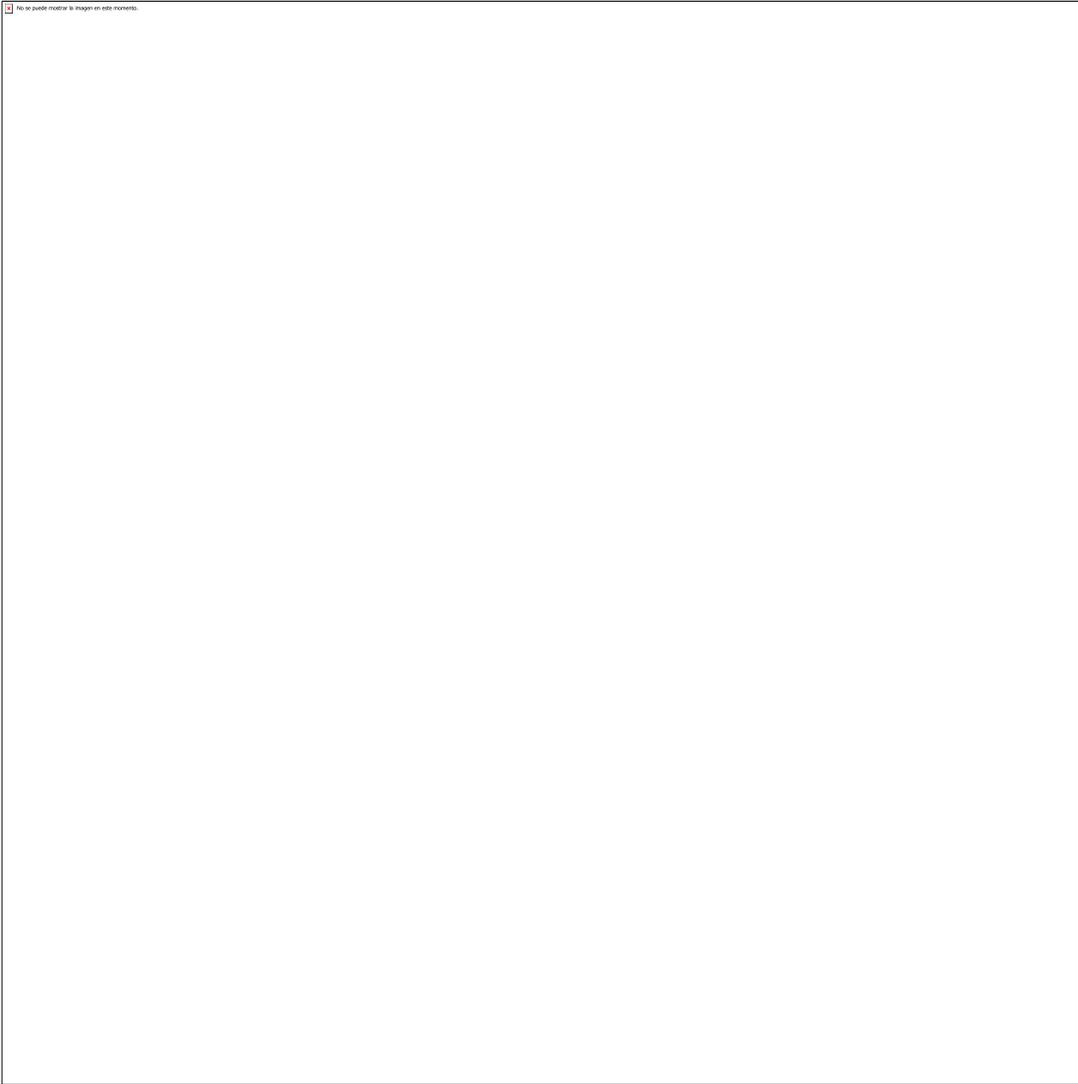


Figura 3.12. Muñequillas

En la Figura 3.12, se observa en la zona de las muñequillas, que el cigüeñal no presenta golpes ni deformaciones. En las muñequillas 1.2 y 4 presentan pequeñas rayaduras. En la muñequilla 3 presento un pequeño golpe en la superficie de contacto, acompañado de rayaduras.

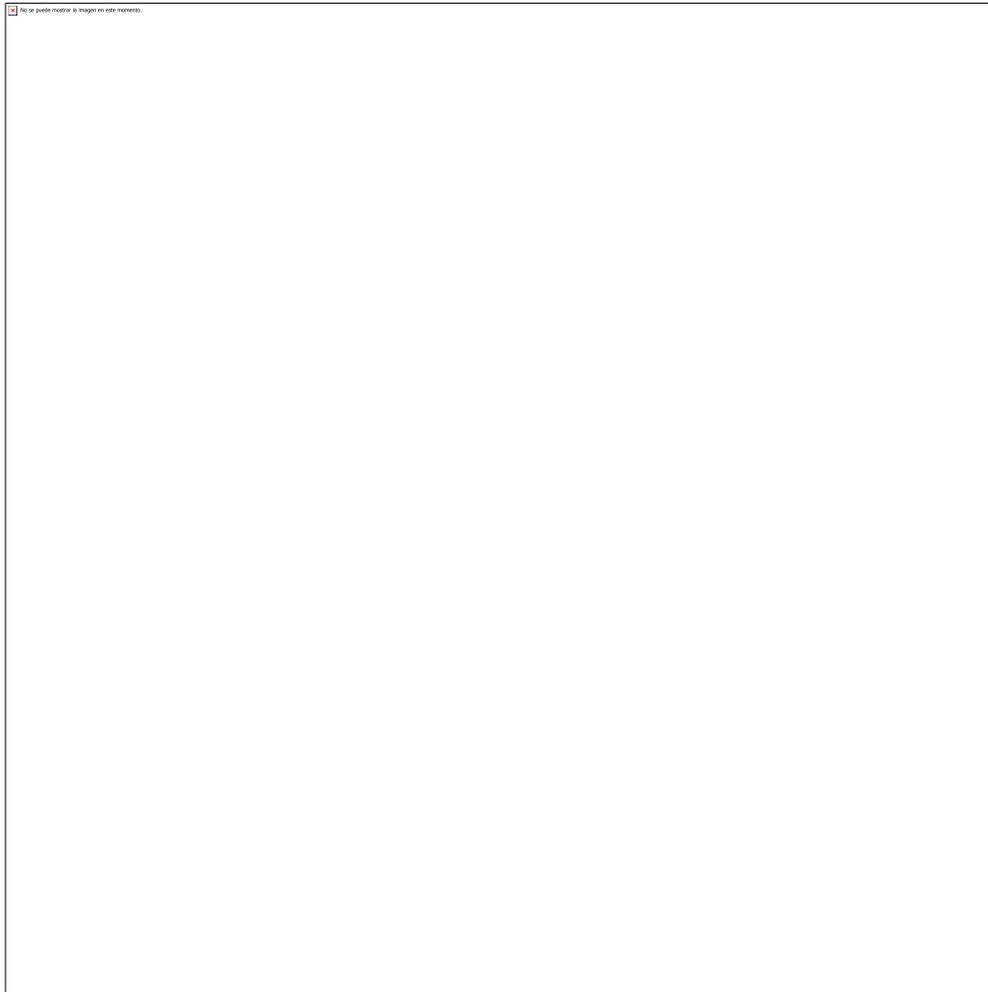


Figura 3.13. Cojinetes de bancada

En la Figura 3.13, se observa que los cojinetes de bancada 1,2,3 y 5 presentan pequeñas rayaduras en sus superficies de contacto. En el cojinete 4 presenta un desperfecto en un extremo interior de la superficie de contacto de la zona de engrase. Los cojinetes de bancada no presentan golpes ni deformaciones

3.4. INSTRUMENTOS Y MATERIALES.

Para conseguir los datos necesarios se utilizó la metrología como ciencia base para la investigación del desgaste en las partes móviles y se realizó inspecciones visuales, en busca de anomalías.

3.4.1. METROLOGÍA.

Para este trabajo se utilizó la metrología, ya que es una ciencia utilizada para el estudio de mediciones de magnitudes. Para su aplicación existen diferentes instrumentos de medición que ayudan a descubrir y expresar las magnitudes con un valor exacto.

Gracias a esta ciencia ayudo a encontrar el valor de desgaste de los materiales móviles del motor y las diferencias de tolerancia entre las diferentes muestras tomadas para efectuar el proyecto.

3.4.2. ERRORES EN LA MEDICIÓN

Se tomó en cuenta los diferentes cuidados que se pueden presentar, evitando la alteración de los resultados. Ya que, a pesar de tomar las precauciones debidas, las medidas pueden presentar un tipo de error debido a diferentes factores que son:

1. Errores instrumentales
2. Errores humanos
3. Errores ambientales

3.4.2.1. Errores instrumentales

Son errores ya previstos por el fabricante, y tienen un margen límite de error ya establecidos por las nomas de fábrica. Estos errores son:

1. Fabricación defectuosa
2. Deformaciones
3. Linealidad ineficiente
4. Paralelismo ineficiente
5. Partes móviles con una excesiva fricción
6. Materiales envejecidos

3.4.2.2. Errores humanos

7. La mayor causa de error se da por errores humanos, estos errores son:

8. Instrumentos sin calibración
9. Fuerza excesiva al medir
10. Instrumentos no adecuados para el trabajo
11. Mala posición
12. Mal paralaje
13. Tomar un punto de apoyo equivocado

3.4.2.3. Errores ambientales

Se dan cuando existe alteraciones en el ambiente en el cual se toma la medida. Los cuales son:

1. Humedad excesiva
2. Presencia de polvo y contaminación
3. Exceso de presión
4. Exceso de temperatura

3.4.3. INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN

Para esta investigación se utilizó instrumentos de calibración, como:

1. Calibrador vernier
2. Micrómetro
3. Reloj palpador
4. Medidor de anillos del pistón

A continuación, se detalla los instrumentos usados y el uso de estos.

3.4.3.1 Calibrador vernier.

Se utilizo el calibrador vernier ya que ayuda a medir interiores, exteriores, peldaños y profundidades, mediante una calibración directa, ya sea en centímetros hasta fracciones de

milímetro hablando del sistema internacional. Por su parte en el sistema ingles va desde la pulgada hasta 1/128 de pulgada.

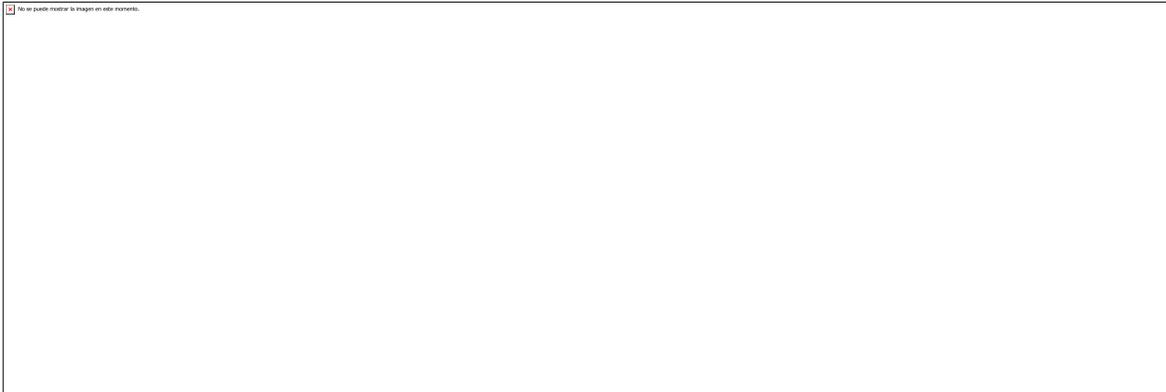


Figura 3.14. Usos del calibrador vernier

(CATERPILLAR, pág. 26)

En la Figura 3.14 se muestra el uso del calibrador vernier en diferentes formas de como tomar medidas. Este consta de dos mordazas en la parte superior de este que ayuda a medir interiores, en la parte inferior también tiene mordazas de mayor tamaño que miden exteriores y posee una barra o coliza que es utilizada para medir profundidades. Cuenta con dos partes, una fija en la cual están ubicadas las medidas grandes (centímetros y pulgadas), mientras que consta de una parte móvil llamada nonio (escala vernier) en la cual se encuentran los valores de menor medida (fracciones de milímetro y fracciones de pulgada).

Uso del calibrador vernier.- Para encontrar la medida exacta se realiza visualizando la cantidad de milímetros que se encuentren con anterioridad al cero del nonio más el número de decimas que coincida con los milímetros que se ubican en la parte fija (Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrología, 2019)

Ya efectuada la calibración, se procedió a utilizar una fórmula matemática para encontrar el valor exacto de medida, a continuación, se muestra dos tipos de fórmulas utilizadas.

Calibre de medidas en el sistema internacional

En este caso el nonio está dividido en 10,20 o 50 partes, con lo cual la división se da en 0.9, 0.5 o 0.02 unidades. La lectura se tomó mediante la siguiente formula:

$$X = M_1 + \frac{M_2}{10} \quad [3.1]$$

Donde:

X: Medida tomada

M_1 : Lectura tomada desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2 : Lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

Calibre de medidas en pulgadas

En este caso la regla fija se tiene una división de 16 partes iguales entre cada pulgada y una regla móvil dividida en 8 partes. La lectura de a medida se da con la siguiente formula:

$$X'' = \frac{M_1''}{16} + \frac{M_2''}{128} \quad [3.2]$$

Donde

X'' : medida tomada en pulgadas

M_1'' : lectura tomada en pulgadas, desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2'' : lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

3.4.3.2. Micrómetro de exteriores

Se utilizo para tomar medidas más exactas de los exteriores de las partes móviles del motor, cuenta de dos puntas unidas por un arco en forma de herradura que se van uniendo debido a un tambor que contiene un tornillo de rosca que se cierra hasta encontrar la medida exacta. Consta de un tambor fijo en el cual se encuentran las medidas en milímetros enteros en la parte superior y en la parte inferior la de los medios milímetros, por su parte en el tambor móvil se encuentra una división de 50 gravada alrededor de este.

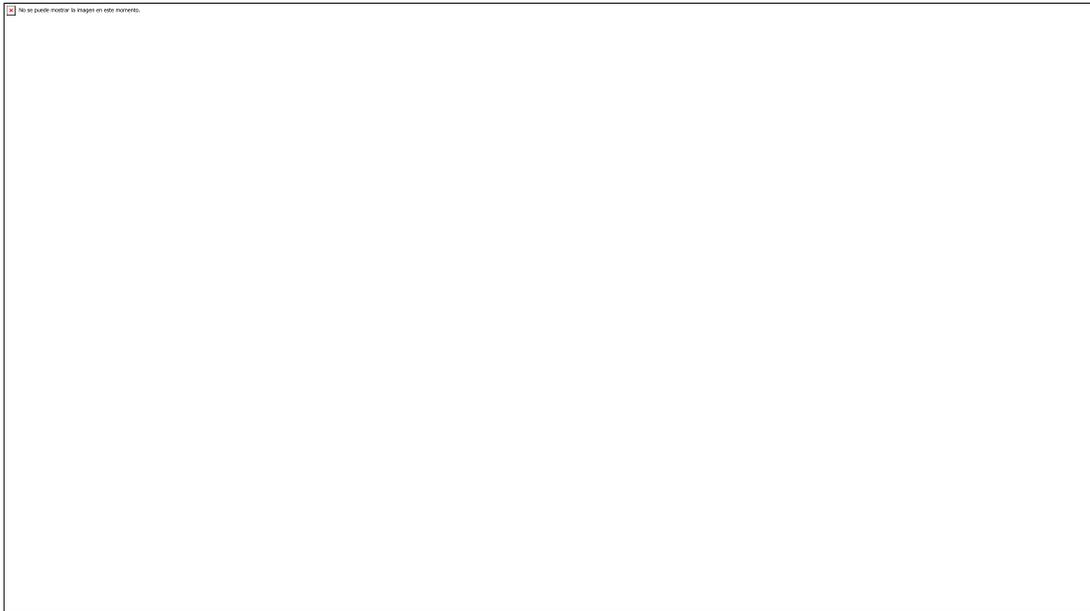


Figura 3.15. Micrómetro

(Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia, 2019, pág. 27)

En la Figura 3.15 nos explica a detalle las partes de un micrómetro de exteriores

3.4.3.3. Uso del micrómetro

Para encontrar el valor se toma en cuenta la cantidad de milímetros y medios milímetros que recorre el tambor más el valor de la escala giratoria que esté más cerca a la escala longitudinal del tambor fijo. (Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia, 2019) una vez tomada la medida se coloca el freno, para que la medida no tenga alteraciones.

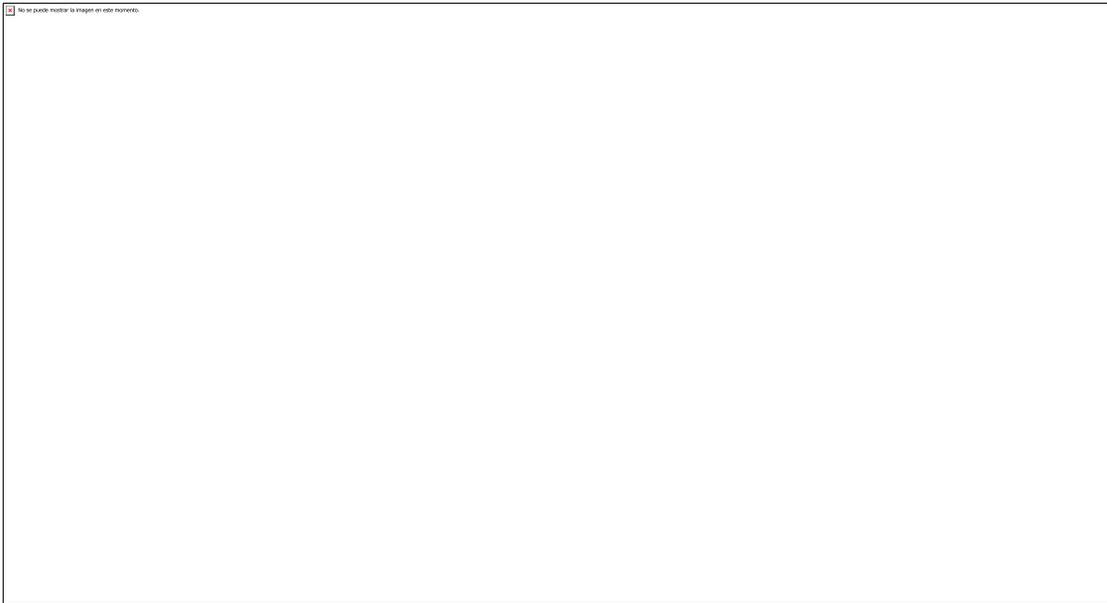


Figura 3.16 Uso del micrómetro

(CATERPILLAR, pág. 55)

En la Figura 3.16 se muestra una escala de 0.001 mm, dando así una medida más exacta

Se tomo la lectura del cilindro, sumando después la mitad del tambor y por último la línea que coincide entre el tambor y el cilindro el valor específico a tomar, para así obtener una medida más exacta.

3.4.3.4 Reloj comprobador

Se uso el reloj comparador ya que utiliza la medición indirecta y puede medir longitudes, espesores y deformaciones mediante una comparación entre las superficies, dando así la mediad comparativa de una magnitud. Mediante el desplazamiento de la punta palpadora, se envía y se amplifica hacia los indicadores de la ajuga del reloj.



Figura 3.17 Reloj comparador

(CATERPILLAR, pág. 74)

En la Figura 3.17 se muestra un reloj comparador y sus partes.

Uso del reloj comparador

Para la medición, se sigue los siguientes pasos:

1. Calibrar y poner en cero el calibrador
2. Identificar la superficie a medir
3. Elegir y colocar el soporte necesario para la medición
4. Seleccionar una punta adecuada de contacto
5. Elegir un patrón de medición, tomando en cuenta que debe ser el más cercano a el objeto por medir

6. Girar la escala hasta ajustar el reloj en base al bloque de patrón de medición, hasta tener un valor de 0 de la aguja circular
7. Sacar el patrón de medida y poner la pieza la cual se va a medir, en el plano de apoyo.



Figura 3.18 Uso del reloj comparador

(CATERPILLAR, pág. 75)

En la Figura 3.18 se explica el cómo tomar medidas con el reloj comparador. Con la lectura ya tomada, se deberá sumar o restar, con respecto a la dimensión del patrón en función de las agujas. En caso de ser horario se deberá sumar y en caso de antihorario, de deberá restar.

Para encontrar el valor de medida real se empleará la siguiente formula:

$$X = P \pm \left(n + \frac{a}{100} \right) \quad [1.3]$$

Donde:

X: medida real

P: medida del patrón

N: número de vueltas de la aguja

A: lectura indicada por la aguja primaria

3.4.3.5. Juego de espesores (galgas)

Para obtener calibraciones en espacios pequeños , como en los rines, se utilizó galgas que son laminas delgadas marcadas con respecto a su espesor. Tomando la precaución de no introducir las en lugares ásperos o forzarlas, ya que esto representaría daños para el calibrador.

Su uso consiste en introducir la lámina en la ranura hasta verificar que no exista holgura. Su longitud puede variar sin cambiar su espesor o puede tener una figura cónica en un extremo.

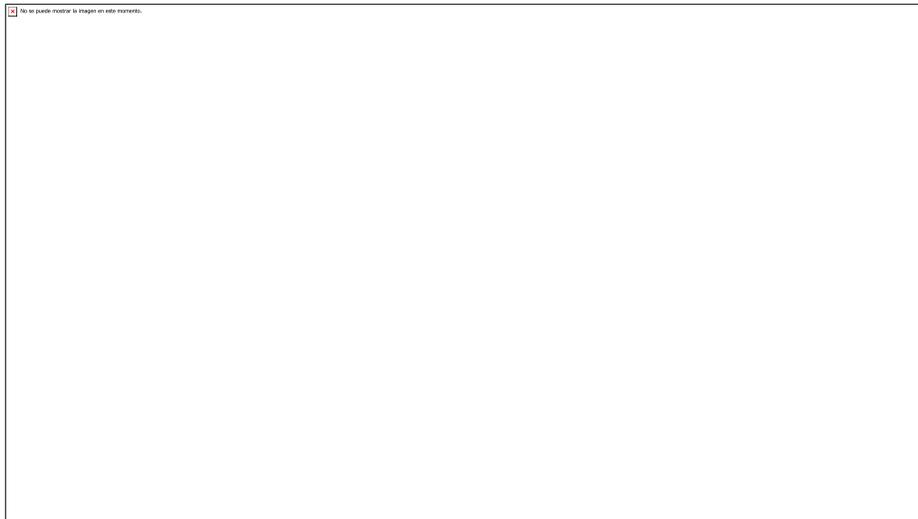


Figura 3.19. Juego de espesores

(CATERPILLAR, pág. 83)

En la Figura 3.19 se muestra un calibrador de galgas. Su uso consiste en introducir la lámina en la ranura hasta verificar que no exista holgura. Su longitud puede variar sin cambiar su espesor o puede tener una figura cónica en un extremo.

3.4.4. MEDICIONES DE LAS PARTES MÓVILES DEL MOTOR

Para comprobar el desgaste de las partes móviles del motor, se procedió a realizar las mediciones pertinentes en cada una de ellas. A continuación, se detalla cada uno de los pasos a seguir para la obtención de dichas medidas para su posterior análisis de desgaste.

3.4.4.1. Mediciones del cigüeñal

Antes de cada medición, se realizó una inspección para verificar si no existe desgaste presente en las muñequillas y los apoyos del cigüeñal, ya que esos deben presentar un aspecto brillante y sin rayaduras.

Se tomo en cuenta los distintos parámetros que se debe tomar al momento de la comprobación y calibración del cigüeñal.

Ovalamiento y conicidad en los apoyos y muñequillas.- En el caso de la obtención del ovalamiento se tomó los diámetros de los apoyos y las muñequillas perpendicularmente, con un calibrador, ya sea pie de rey o micrómetro, tomando en cuenta que el ovalamiento no debe superar los 0.04 mm. Y para la obtención de la conicidad se tomó el micrómetro de la misma manera, pero tomando el diámetro de los extremos de los apoyos y muequillas, verificando que no exceda los 0.03 mm

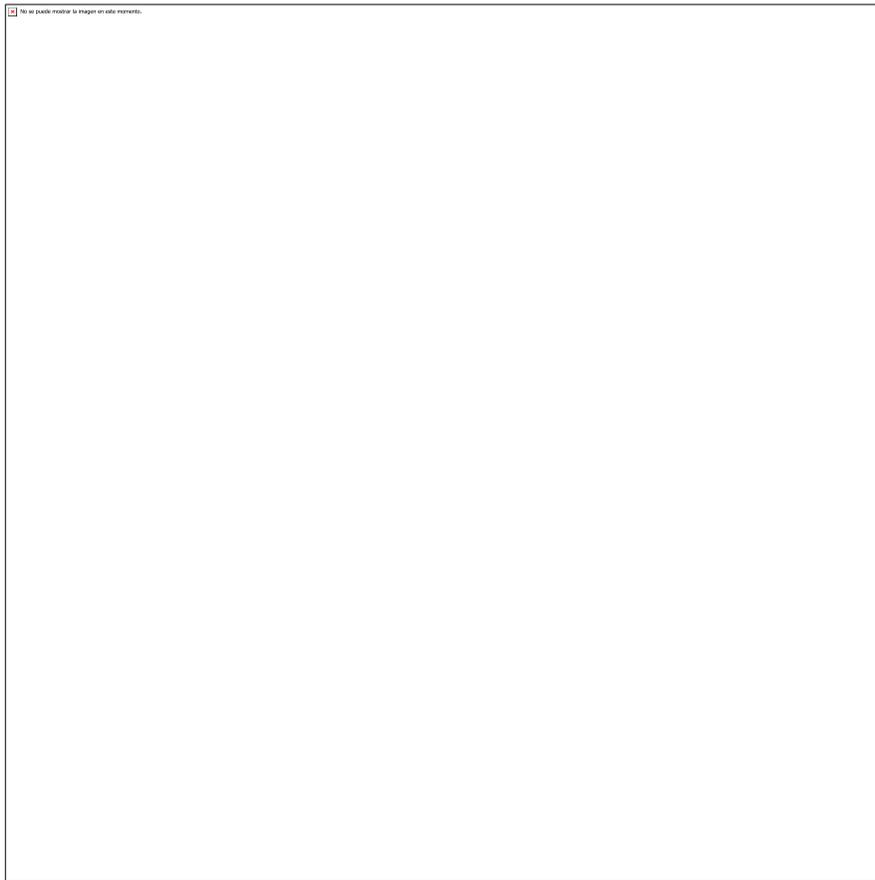


Figura 3.20. Medición del ovalamiento y la conicidad

(Sanz Acabes, 2017, pág. 255)

En la Figura 3.20 se muestra cómo se realiza la medición del ovalamiento, tomando las medidas en la sección A y B. y la conicidad tomando las medidas en la sección I y D.

Juego de montaje de las muñequitas y los apoyos.- ya que se obtuvo las medidas de cada apoyo y muñequilla en la verificación de ovalamiento y conicidad. En el caso de las muñequillas se comparó el menor diámetro obtenido con el mayor de los cojinetes de la cabeza de la biela. Por su parte en los apoyos se tomó de igual manera el menor diámetro con el mayor de los cojinetes de bancada.

Se tomo en cuenta los juegos de montaje de los apoyos y las muñequillas con sus respectivos cojinetes, vaya entre 0.02 y 0.06 mm sin sobrepasar los 0.15 mm

Comprobación de juego de montaje con hilo de calibrado(plastigage).-primeramente, se ubicó el cigüeñal en los semicojinetes de bancada. Luego se colocó el platigage en cada apoyo del cigüeñal de forma que no sobrepase el largo del apoyo. Después se procedió a montar las tapas de los cojinetes y apretarlos con su respectivo apriete sin girar el cigüeñal.

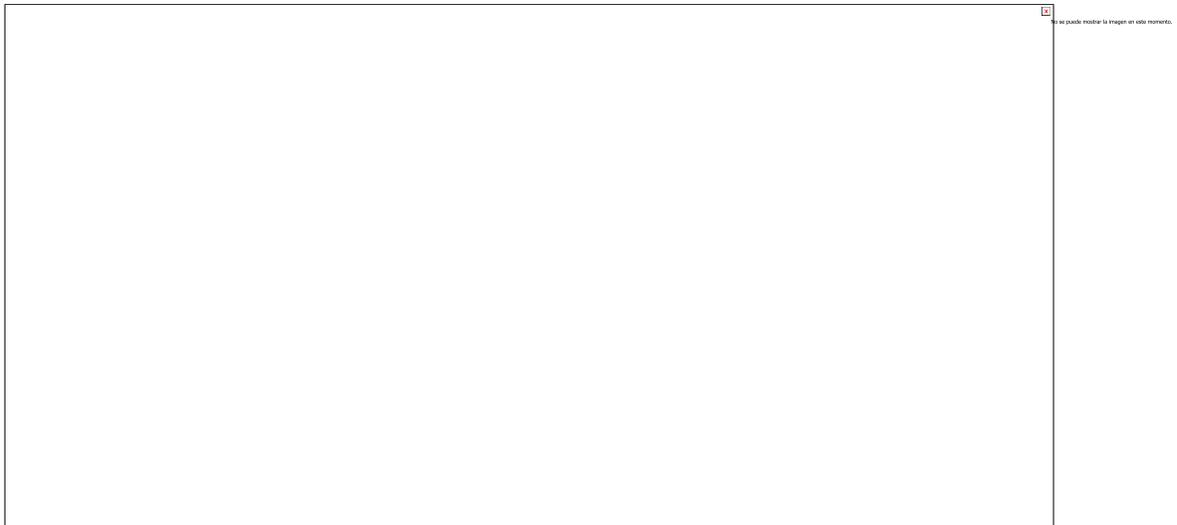


Figura 3.21. Comparación de las medidas obtenidas por el plastigage

Ya que las tapas de los cojinetes estén apretados a su par, se procede a retirarlas y se observó que el hilo se encontraba aplastado, como se muestra en la Figura 3.21. Es entonces que se comparó con las medidas que se encuentran en la funda del plastigage.

En el caso de las muñequitas, se sigue con los mismos pasos que los apoyos, pero con sus respectivos cojinetes de biela.

3.4.4.2. Mediciones del pistón

Antes de realizar las medidas del pistón se retiró los rines y se procedió con la inspección de imperfecciones en el pistón. Para la medición de el pistón se siguió los siguientes caracteres:

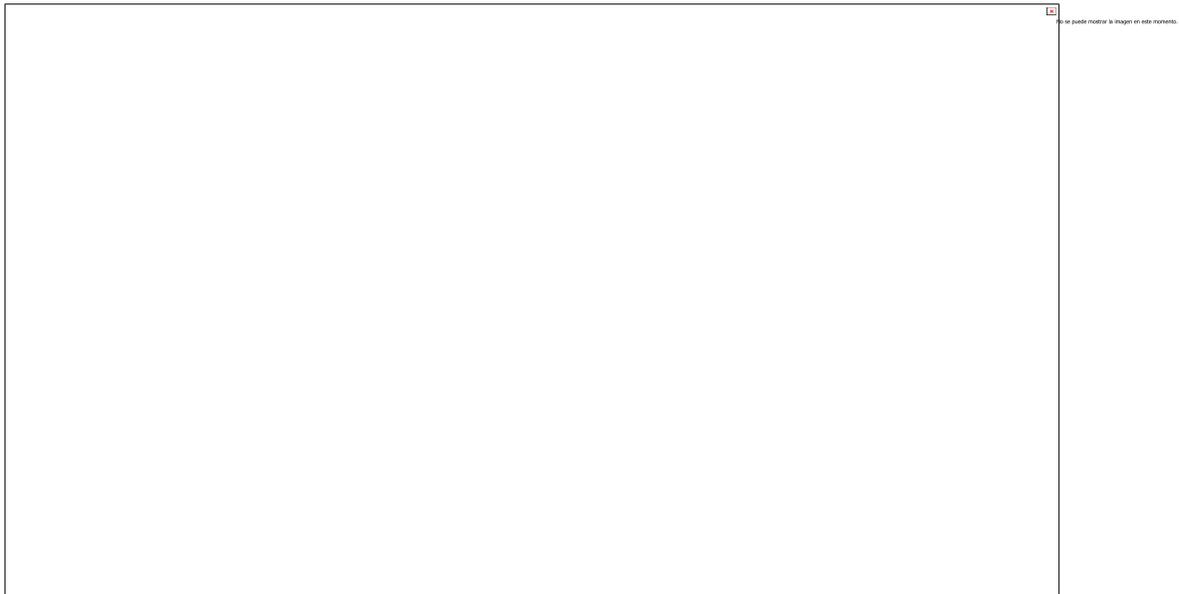


Figura 3.22 Medición del pistón

(Barros Bermeo & Moran Castro, 2014)

Diámetro del pistón.- En base a la sección C-C que se muestra en la Figura 3.22, se procedió a medir el diámetro del pistón, tomando en cuenta una cierta distancia de la cabeza del pistón.

En caso de que el diámetro del pistón no se especifique se mide transversalmente al bulón a la misma altura de este. (Sanz Acabes, 2017, pág. 253)

Juego de montaje.- se tomó en cuenta el juego entre el cilindro y el pistón. Este juego debe ser entre 0.02 y 0.05 mm. Para obtener este dato se midió el diámetro del pistón y del cilindro, para luego realizar una resta con recto de las dos medidas. Consiguiendo así su tolerancia.

3.4.4.3. Medición del bulón

Para la medición del bulón se procedió a una limpieza, para luego comprobar los diámetros con un micrómetro. Comprobando así si existe desgaste. También se mide con un alexometro el diámetro de alojamiento, comprobando así la existencia de ovalamiento.

3.4.4.4. Mediciones de los rines del pistón

Se realizó una inspección visual, verificando la presencia de desgaste. Para luego proceder con la medición, utilizando un micrómetro, del espesor de cada segmento.

Para una comprobación del juego axial del segmento se introdujo una cara del segmento en su alojamiento y luego se procedió a medir con una galga.

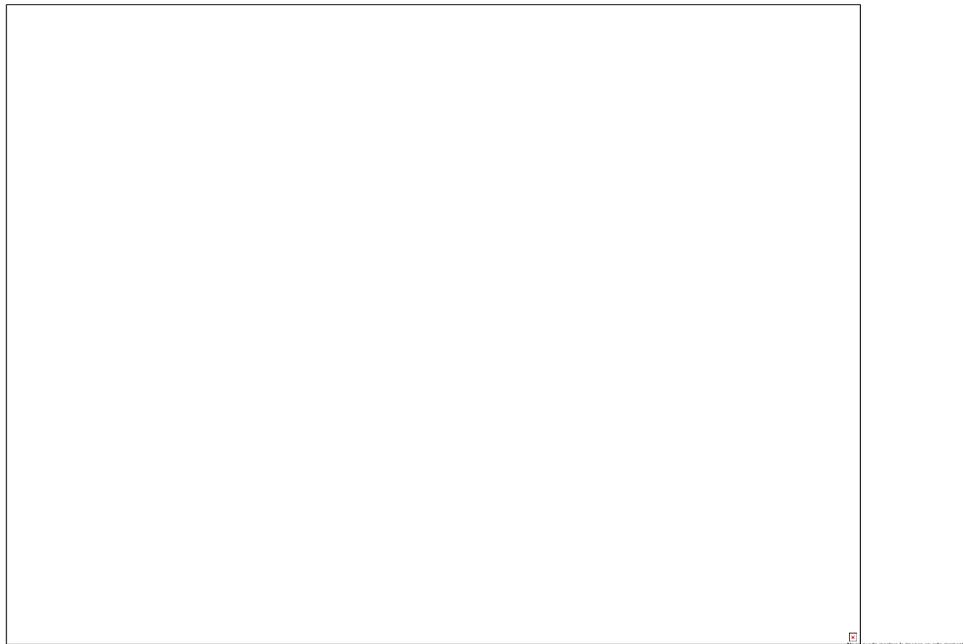


Figura 3.22 Medición del juego axial de los rines

En la Figura 3.22 se muestra la manera como calibrar el juego axial de los rines del pistón, con un calibrador de galgas

Para la medición de la abertura entre puntas, se introdujo el segmento en el cilindro empujado por el pistón, hasta lograr una posición horizontal. Con una galga se midió el espesor entre las puntas, tomando en cuenta la tabla de valores medios de la apertura entre puntas en función del diámetro del pistón, presentada en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Valores de apertura entre puntas de rines en función del diámetro del cilindro

VALORES MEDIOS DE LA APERTURA ENTRE PUNTAS EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DEL CILINDRO

DIÁMETRO DEL CILINDRO (mm)	ABERTURA (mm)
60-80	0.20-0.25
80-100	0.25-0.30
100-150	0.30-0.40

Fuente: (Sanz Acabes, 2017, pág. 254)

3.4.4.5. Mediciones de las bielas

Realizamos la limpieza y la inspección de las bielas, para luego comprobar el ovalamiento del pie de biela, luego se comparó los diámetros tomados entre el bulón y el alojamiento del bulón en el pie de la biela.

Por su parte en la cabeza de biela se comprobó que en los casquillos no exista desplazamiento y conocida con los agujeros de engrase. Para luego comprobar el ovalamiento, colocando los semicojinetes en su posición y montando el sombrerete con un ajuste correspondiente a su par, comprobando que los semicojinetes estén fijos. Con el calibrador vernier calibramos en diámetro en sentido transversal y longitudinal, comprobando que el ovalamiento no sobrepase los 0.03 mm

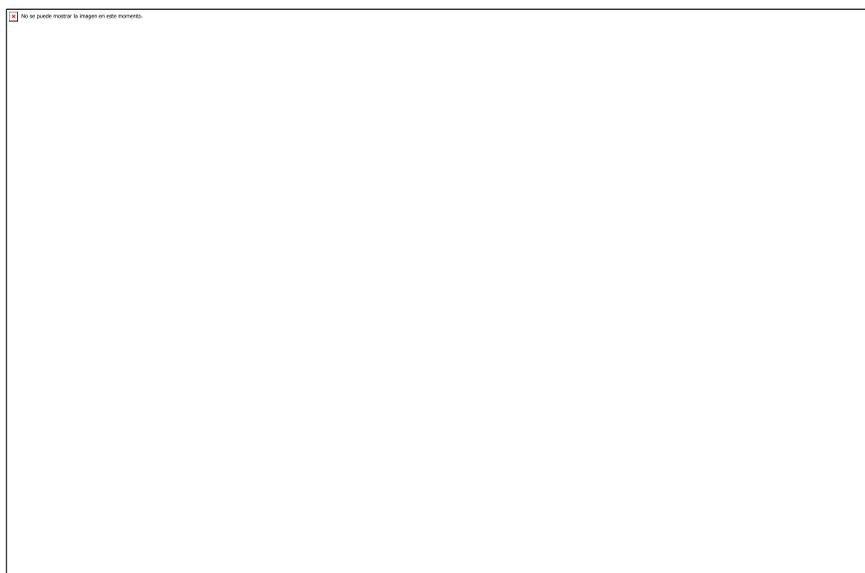


Figura 3.23 Medición de la cabeza del bulón

En la Figura 3.23 se muestra la manera de medir la cabeza de biela, utilizando el calibrador pie de rey con el calibrador de profundidades.

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 RESULTADO DE LAS MEDICIONES

Con base a los métodos de medición mencionados en el capítulo 3, se realizó las mediciones pertinentes a cada una de las piezas móviles del motor, exceptuando las partes que presentaron daños extremadamente graves encontradas en la inspección visual, ya que estas partes deben ser remplazadas.

A continuación se muestra el resultado de las mediciones en las partes móviles

4.1.1 PISTÓN

En la Tabla 4.1 se puede encontrar los diámetros pertenecientes al pistón que fueron encontrados, los métodos de calibración explicados en el anterior capítulo.

Tabla 4.1 Diámetros de los pistones

	Pistón 1	Pistón 2	Pistón 3	Pistón 4
Diámetro del pistón (mm)	77.61	77.6	77.59	77.61
Diámetro del cilindro (mm)	77.63	77.63	77.64	77.74
Diámetro del bulón (mm)	17.75	17.75	17.74	17.75

4.1.2. BIELA

En la Tabla 4.2 se puede encontrar los diámetros calibrados con base al sistema de medición explicados en el capítulo anterior. Los diámetros de la biela 3 no se tomaron en cuenta, ya que esta biela presentaba una rotura y era imposible calibrarla.

Tabla 4.2 diámetros de las bielas

	Biela 1	Biela 2	Biela 3	Biela 4
Diámetro del pie de biela (mm)	17.77	17.76	17.78	17.77
Diámetro de la cabeza de biela (mm)	42.71	42.72	-	42.71

4.1.3. CIGÜEÑAL

Para las medidas del cigüeñal se dividió en tres tablas que son:

1. Diámetro de muñequillas
2. Diámetro de apoyos
3. Diámetro de cojinetes de bancada

En la Tabla 4.3 se presentan los diámetros de las muñequillas obtenidos mediante los métodos de medición expuestos en el anterior capítulo y tomando de referencia las indicaciones de la Figura 3.20.

Tabla 4.3 Diámetros de las muñequillas

	Muñequilla 1	Muñequilla 2	Muñequilla 3	Muñequilla 4
Diámetro de las muñequillas en la zona izquierda (mm)	42.65	42.65	42.65	42.65
Diámetro de las muñequillas en la zona derecha (mm)	42.65	42.65	45.65	42.65
Diámetro de las muñequillas	42.64	42.65	42.65	42.64

tomadas verticalmente (mm)				
Diámetro de las muñequillas	42.65	42.64	42.65	42.65
tomadas horizontalmente (mm)				

En la tabla 4.4 se presentan los diámetros de los apoyos obtenidos mediante los métodos de medición expuestos en el anterior capítulo y tomando referencia las indicaciones de la Figura 3.20

Tabla 4.4 Diámetros de los apoyos

	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4	Apoyo 5
Diámetro de los apoyos en la zona de la izquierda (mm)	55	54.99	55	55	55
Diámetro de los apoyos en la zona de la derecha (mm)	55	55	55	54.98	55
Diámetro de los apoyos tomadas verticalmente (mm)	55	55	55	54.99	55
Diámetro de los apoyos tomadas verticalmente (mm)	55	55	54.99	55	55

En la Tabla 4.5 se muestran los diámetros de los cojinetes de bancada obtenidos mediante los métodos de medición expuestos en el anterior capítulo.

Tabla 4.5 Diámetros de los cojinetes de bancada

	Cojinete 1	Cojinete 2	Cojinete 3	Cojinete 4	Cojinete 5
Diámetro de los cojinetes de bancada (mm)	55.03	55.02	55.02	55.02	55.03

4.2. ANÁLISIS DE LAS PARTES MÓVILES EN BASE A LAS MEDIDAS OBTENIDAS.

Ya obtenidas las medidas con base a las calibraciones efectuadas, se realiza un análisis del desgaste tomando en cuenta la tolerancia entre cada unión de cada una de estas. Como referencia se tomó la tabla de tolerancias y valores medios que se presenta en la Tabla 4.6.

Tabla 4.6 Tolerancia y valores medios de comprobación

TOLERANCIA DE MEDIDAS Y VALORES MEDIOS DE LAS COMPROBACIONES		
COMPROBACIONES	VALORES MEDIOS (mm)	MÁXIMOS (mm)
PISTONES		
Juego radial bulón-biela	0.01-0.03	0.08
Juego pistón-cilindro	0.02-0.05	0.10
SEGMENTOS		
Abertura entre puntas	0.20-0.50	0.80
Holgura lateral	0.01-0.05	0.10

BIELAS		
Ovalamiento (cabeza de la biela)	-	0.03
Juego radial con la muñequilla	0.05-0.06	0.15
Juego axial con la muñequilla	0.10-0.30	
CIGÜEÑAL		
Ovalamiento de los apoyos y muñequillas		0.04
Conicidad de apoyos y muñequillas		0.03
Límite de desgaste para rectificar		0.05
Juego radial	0.02-0.05	0.15
Juego axial	0.05-0.30	

Fuente: (Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 265)

4.2.1. JUEGO RADIAL BULÓN-PIE DE BIELA

En la Tabla 4.7 se muestran los análisis de las mediciones efectuadas, se tomó en el juego existente entre los diámetros obtenidos en el bulón y los diámetros del pie de biela.

Tabla 4.7 Juego radial bulón-pie de biela

	Pistón 1	Pistón 2	Pistón 3	Pistón 4
Juego radial bulón-pie de biela (mm)	0.02	0.01	0.04	0.02

El juego radial existente entre el bulón y el pie de biela en los pistones 1, 2 y 4 se encuentran dentro del rango permitido. Tomando en cuenta la tabla de tolerancias como referencia, se puede afirmar que en el juego radial bulón-pie de biela no hay desgaste. En el caso del pistón 3 se puede

observar un aumento en la tolerancia, por lo cual se puede afirmar que existe desgaste, pero está dentro del rango permitido.

4.2.2. JUEGO PISTÓN-CILINDRO

En la Tabla 4.8 se muestra las tolerancias obtenidas en base a los diámetros del pistón y el cilindro para encontrar el juego existente entre estos dos.

Tabla 4.8 Juego pistón-cilindro

	Pistón 1	Pistón 2	Pistón 3	Pistón 4
Juego pistón-cilindro (mm)	0.02	0.03	0.05	0.03

La tolerancia entre el pistón y el cilindro en los cuatro pistones no presentan se encuentran dentro del rango permitido. Tomando en cuenta la tabla de tolerancias, se puede afirmar que se encuentra en buen estado y su desgaste es mínimo.

4.2.3. ABERTURA DE LA PUNTA DE LOS SEGMENTOS.

En la tabla 4.9 se muestra las tolerancias obtenidas en base método de mediciones expuesto en el anterior capítulo.

Tabla 4.9 Abertura entre las puntas de los segmentos

	Pistón 1	Pistón 2	Pistón 3	Pistón 4
Abertura entre las puntas de los segmentos(mm)	0.2	0.2	0.3	0.2

La abertura de los rines en los 4 pistones se encuentra dentro del rango de tolerancia. Por lo cual se puede afirmar que se encuentra en buen estado y no presenta desgaste

4.2.4. OVALAMIENTO DE LA CABEZA DE BIELA

En la Tabla 4.10 se muestra el ovalamiento de la cabeza de biela, obtenida a base de los diámetros obtenidos en la cabeza de biela.

Tabla 4.10 Ovalamiento de la cabeza de biela

	Biela 1	Biela 2	Biela 3	Biela 4
Ovalamiento de la cabeza de biela (mm)	0.03	0.02	-	0.02

En las bielas 1, 2 y 4 el ovalamiento se encuentra en el rango de tolerancia, por lo cual se afirma que están en un buen estado y no presenta desgaste.

4.2.5 JUEGO RADIAL CON LA MUÑEQUILLA

En la Tabla 4.11 se muestra el juego radial existente entre la muñequilla de biela y los cojinetes de biela. Para esto se tomó los diámetros de estos, mencionados anteriormente.

Tabla 4.11 Juego radial de la cabeza de biela con la muñequilla

	Biela 1	Biela 2	Biela 3	Biela 4
Juego radial con la muñequilla (mm)	0.07	0.08	-	0.07

El juego radial de la muñequilla de las bielas 1, 2 y 4 presentan un pequeño desgaste, pero no sobrepasa el límite máximo de tolerancia. Por su parte el diámetro de la muñequilla 3 se encuentra dentro del rango permitido. Por lo cual se puede afirmar que se encuentran en un estado aceptable.

4.2.6. JUEGO AXIAL CON LA MUÑEQUILLA.

En la Tabla 4.12 se muestra el juego axial entre el cojinete de biela y el cigüeñal, se utiliza los métodos de calibración mostrados en el anterior capítulo.

Tabla 4.12 Juego axial de la muñequilla

	Biela 1	Biela 2	Biela 3	Biela 4
Juego axial con la muñequilla (mm)	0.2	0.1	-	0.2

El juego axial existente en las muñequillas 1, 2 y 4 se encuentran dentro de la tolerancia permitida por lo tanto se puede afirmar que no existe desgaste. La tolerancia de la biela 3 no se pudo calibrar debido a que tanto la biela como el sombrerete se encontraba roto

4.2.7. OVALAMIENTO Y CONICIDAD EN LAS MUÑEQUILLAS

En la Tabla 4.13 se muestra el ovalamiento de las muñequitas con base a los diámetros ya mostrados anteriormente y este ovalamiento se calcula tomando en cuenta los métodos de medición mencionados en el capítulo anterior, en la Figura 3.20.

Tabla 4.13 Ovalamiento en las muñequillas

	Muñequilla 1	Muñequilla 2	Muñequilla 3	Muñequilla 4
Ovalamiento en las muñequillas (mm)	0.01	0	0	0.01

El ovalamiento en las cuatro muñequillas se encuentra dentro del rango de tolerancia. Por lo cual se encuentran en buen estado y no presentan desgaste

En la Tabla 4.14 se muestra la conicidad de las muñequillas con base a los diámetros ya obtenidos anteriormente, y este se calcula mediante el método de medición explicado en el anterior capítulo, en la Figura 3.20.

Tabla 4.14 Conicidad en las muñequillas

	Muñequilla 1	Muñequilla 2	Muñequilla 3	Muñequilla 4
Conicidad en las muñequillas (mm)	0	0.01	0	0

La conicidad en las cuatro muñequillas se encuentra en el rango de tolerancia. Por lo cual se puede afirmar que se encuentra en buen estado y no presenta desgaste.

4.2.8. OVALAMIENTO Y CONICIDAD EN LOS APOYOS

En la Tabla 4.15 se muestra el ovalamiento de los apoyos, tomando en cuenta los diámetros ya mencionados anteriormente. Se utilizó los métodos de medición explicados en el anterior capítulo, en la Figura 3.20

Tabla 4.15 Ovalamiento de los apoyos

	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4	Apoyo 5
Ovalamiento de los apoyos (mm)	0	0	0.01	0.01	0

Los ovalamiento de los apoyos se encuentra dentro del rango de tolerancia, por lo cual se puede afirmar que se encuentra en buen estado y no presenta desgaste.

En la Tabla 4.16 se muestra la conicidad de los apoyos, se tomó los diámetros ya mencionados anteriormente. Se utilizó el método de medición explicado en el capítulo anterior, en la Figura 3.20.

Tabla 4.16 Conocidas de los apoyos

Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4	Apoyo 5
---------	---------	---------	---------	---------

Conicidad de los apoyos (mm)	0	0.01	0	0.02	0
------------------------------	---	------	---	------	---

La conicidad de los apoyos se encuentra dentro del rango de tolerancia, por lo cual se puede afirmar que se encuentra en buen estado y no presenta desgaste,

4.2.9. JUEGO RADIAL DE LOS APOYOS DE BANCADA

En la Tabla 4.17 se muestra el juego radial existente entre los diámetros de los apoyos con los diámetros de los cojinetes de bancada mostrados anteriormente.

Tabla 4.17 Juego radial de los apoyos

	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4	Apoyo 5
Juego radial de los apoyos (mm)	0.03	0.03	0.02	0.04	0.03

El juego radial de los apoyos se encuentra dentro del límite de tolerancia. Por lo cual se puede afirmar que se encuentran en buen estado y no presentan desgaste.

4.2.10. JUEGO AXIAL DE LOS APOYOS

En la Tabla 4.18 se muestra el juego axial existente entre los cojinetes de bancada con la superficie lateral del cigüeñal. Se utilizó el método de calibración mencionado en el anterior capítulo.

Tabla 4.18 Juego axial de los apoyos

	Apoyo 1	Apoyo 2	Apoyo 3	Apoyo 4	Apoyo 5
Juego axial de los apoyos (mm)	0.07	0.09	0.07	0.08	0.08

El juego radial existente en los apoyos se encuentra dentro del rango de tolerancia establecido, por lo cual se puede afirmar que se encuentran en buen estado y no presenta desgaste.

4.3. ANÁLISIS DEL DESGASTE

Ya realizado la inspección visual y el análisis según las medidas obtenidas se encontró desperfectos y desgaste en diferentes partes móviles del motor, en base a estos resultados se realizó un análisis en las partes que presentaron desgaste o falla, con esto se encontrara una solución para solucionar los desperfectos encontrados.

Se encontró muestras de desgaste en las paredes de los cuatro pistones, en los cojinetes de biela ,en el pistón 1, pistón 3, en el apoyo 4, en la muñequilla 3 y en la biela 3.

4.3.1. DESGASTE DE LAS PAREDES DE LOS CILINDROS

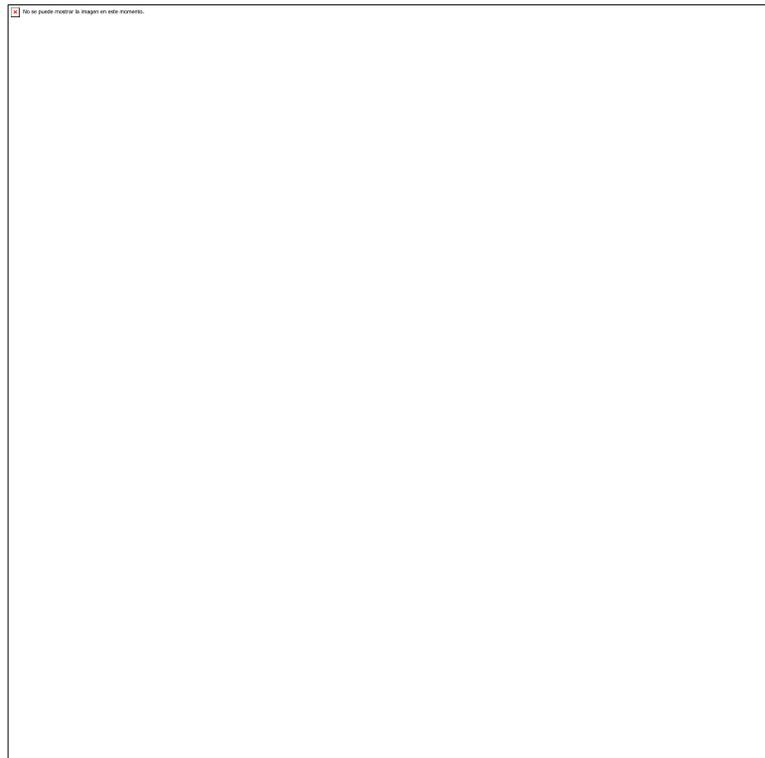


Figura 4.1. Pistón con rayaduras en sus paredes

Las paredes de los pistones presentan rayaduras debido a que existe rozamiento con el cilindro, como se muestra en la Figura 4.1. dicho así el desgaste puede ser considerado por abrasión de dos cuerpos y corrosión por rozamiento, pues en este caso existen dos cuerpos que están en permanente rozamiento y su lubricación no es la adecuada.

La causa puede ser una mala lubricación o no reemplazar el lubricante a tiempo. Pese a la presencia de rayaduras el pistón se puede considerar en buen estado, ya que el juego con el cilindro no sobrepasa la tolerancia media. Como medida de corrección se procedió a realizar una limpieza sobre las paredes del pistón y las paredes del cilindro.

4.3.2. DESGASTE EN LOS COJINETES DE BIELA

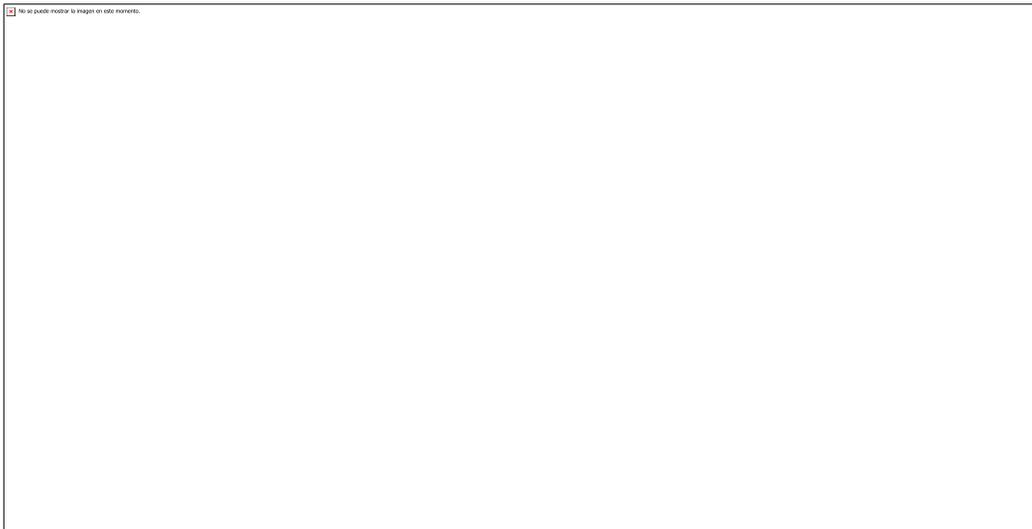


Figura 4.2. Cojinete de biela con rayaduras

La superficie de los cojinetes de biela presenta notables rayaduras, existentes por el rozamiento con la muñequilla del cigüeñal, como se muestra en la Figura 4.2. El desgaste es considerado por abrasión a dos cuerpos o a tres cuerpos y corrosión por rozamiento, ya que existe rozamiento entre dos cuerpos o siendo el caso pueden existir restos de limalla causada por la rotura de la biela 3 y su lubricación no es la adecuada.

La causa de las rayaduras en los cojinetes puede ser por una lubricación deficiente y la posible presencia de pequeñas limallas debido a la rotura de la biela 3, debido al análisis realizado por medidas, presenta un notable desgaste, pero no sobrepasa la tolerancia máxima. Como medida de corrección se sugiere un cambio de los cojinetes.

4.3.3. GOLPES EN EL PISTÓN 1 Y 3

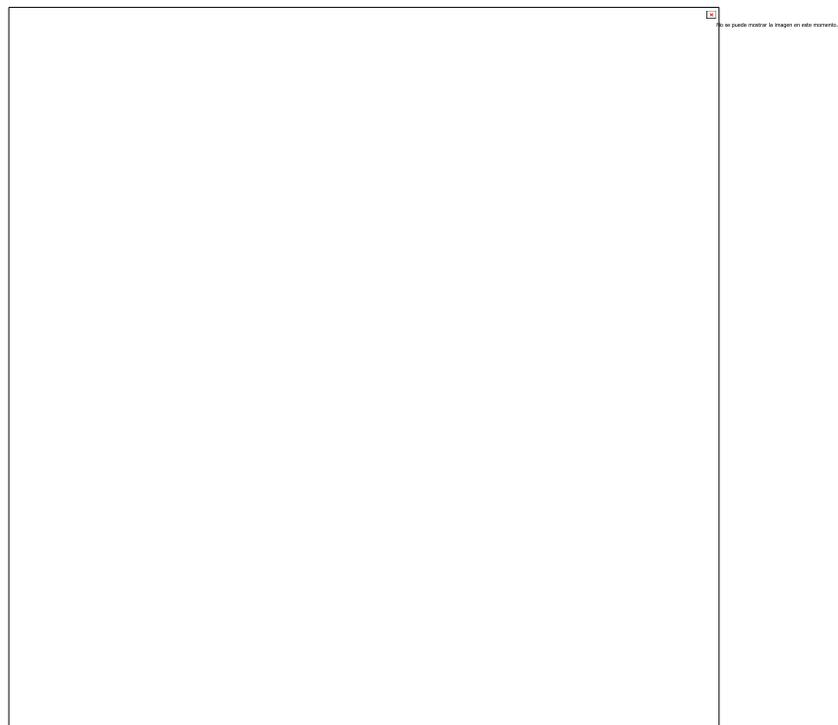


Figura 4.3. Pistón con golpes en la superficie superior

En el pistón 1 y 3 se encontró pequeños rastros de golpes en la superficie superior de este, como se muestra en la Figura 4.3. El desgaste es considerado como deformación plástica, en este caso

hendidura por virutas, ya que debido a él ascenso del pistón hacia el PMS produce que el espacio entre el pistón y el cabezote se reduzca considerablemente y cualquier cuerpo extraño puede causar deformaciones.

La causa de los golpes en el pistón se debe a presencias extrañas no analizadas en su anterior mantenimiento, pues al revisar no se encontró virutas en el pistón. El pistón se considera en buen estado ya que cumple todos los parámetros de tolerancia y los golpes no representan una avería grave.

4.3.4. GOLPE EN EL APOYO 4

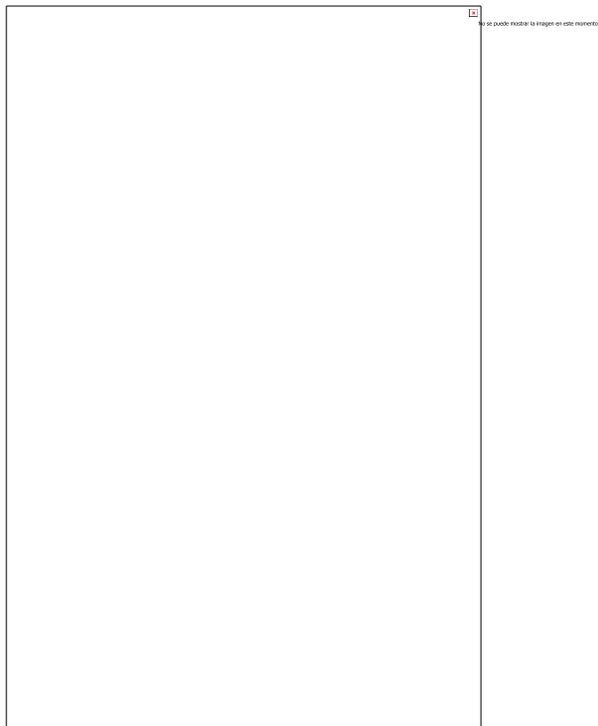


Figura 4.4. Apoyo con rayadura en su superficie

En el apoyo y se encontró un pequeño golpe o rayadura en la superficie del apoyo, como se muestra en la Figura 4.4, el desgaste es considerado como abrasión de 3 cuerpos, ya que existe fricción entre la superficie del apoyo con los cojinetes de bancada y pueden existir cuerpos extraños debido a la rotura de la biela 3.

La causa de la rayadura se da debido a una mala lubricación y la cercanía con la biela averiada, el apoyo se considera en buen estado, ya que se encuentra dentro de los límites de tolerancia. Como solución se consideró una limpieza al apoyo y el cambio de aceite lubricante.

4.3.5. GOLPE EN LA MUÑEQUILLA 3



Figura 4.5. Muñequilla con golpe en su superficie

En la muñequilla 3 presenta un pequeño golpe en su superficie, como se muestra en la Figura 4.5, el desgaste es considerado como sobrecarga o brinell real. Ya que, debido al impacto de la rotura de la biela, transmitido hacia las muñequillas, provocó un golpe.

La causa del golpe es debido al impacto de la rotura de la biela, la muñequilla se considera en buen estado ya que cumple con los parámetros de tolerancia. como una ayuda complementaria para evitar que el desgaste se convierta en fractura se sugiere una limpieza y un cambio de lubricante.

4.3.6. ROTURA DE LA BIELA 3

La rotura de una biela pasa de considerarse desgaste a considerarse y una falla catastrófica, ya que presento una para del motor.

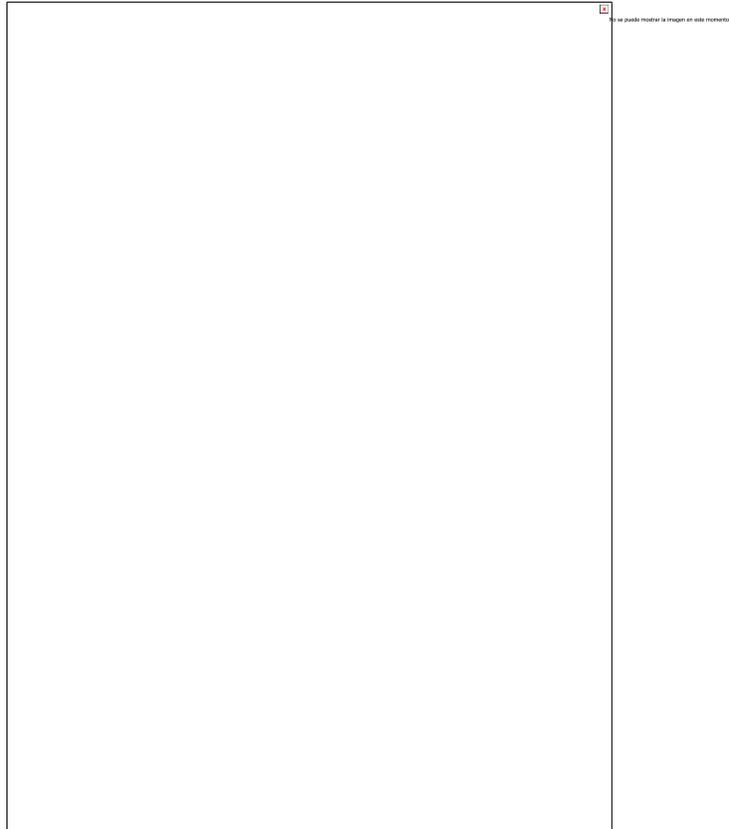


Figura 4.6. Biela con rotura

En la Figura 4.6 se observa el estado de la falla, esta puede ser causada por un exceso de fuerza o un mal mantenimiento. El uso del motor existiendo esta falla puede provocar daños en las diferentes partes móviles del motor.

La causa de la rotura de la biela se desconoce, ya que el motor se encontraba inactivo por un largo tiempo y debido a que en los demás elementos móviles del motor no presentan daños graves, se considera como opción el que en el mantenimiento anterior se haya reemplazado la biela con una defectuosa. Como solución se sugiere reemplazar la biela que presento rotura.

4.4. INFORME DE EL ANÁLISIS DE DESGASTE EN LOS ELEMENTOS MÓVILES QUE PRESENTARON DESGASTE

Se elaboro un informe con base a los datos obtenidos y los análisis realizados anteriormente. En el presente informe se redactará el estado de cada una de las partes móviles analizadas.

4.4.1 ANÁLISIS DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS MÓVILES

En la Tabla 4.19 se muestra el estado de los valores medios de cada uno de los elementos móviles y su análisis de desgaste en comparación con los valores medios presentados en la Tabla 4.6. tomando como medida bueno, medio o malo dependiendo

Tabla 4.19 Análisis comparativo de valores medios encontrados

TOLERANCIA DE MEDIDAS Y VALORES MEDIOS DE LAS COMPROBACIONES

COMPROBACIONES	VALORES MEDIOS (mm)	MÁXIMOS (mm)	VALORES OBTENIDOS (mm)	ESTADO
PISTONES				
Juego radial bulón-biela	0.01-0.03	0.08	0.02	Bueno
Juego pistón-cilindro	0.02-0.05	0.10	0.03	Bueno
SEGMENTOS				
Abertura entre puntas	0.20-0.50	0.80	0.2	Bueno
Holgura lateral	0.01-0.05	0.10	0.03	Bueno
BIELAS				
Ovalamiento (cabeza de la biela)	-	0.03	0.02	Bueno
Juego radial con la muñequilla	0.05-0.06	0.15	0.07	Medio
Juego axial con la muñequilla	0.10-0.30		0.1	Bueno
CIGÜEÑAL				
Ovalamiento de los apoyos		0.04	0.004	Bueno
Ovalamiento de las muñequillas		0.04	0.005	Bueno
Conicidad de apoyos		0.03	0.006	Bueno
Conicidad de muñequillas		0.03	0.002	Bueno

Juego radial	0.02-0.05	0.15	0.03	Bueno
Juego axial	0.05-0.30		0.07	Bueno

Los valores medios obtenidos se encuentran dentro de los valores medios de las tolerancias establecidas anteriormente, a excepción del juego radial de las muñequillas que presento un ligero desgaste.

A continuación en la Tabla 4.20 se procede a realizar un informe en base a los datos ya obtenidos en las tablas anteriores.

Tabla 4.20 Informe del estado de los elementos móviles

	Bueno	Medio	Malo	Especificaciones
Cilindro 1	Pistón	x		Se encuentra en buen estado
	Bulón	x		Se encuentra en buen estado
	Biela		x	Los cojinetes presentan rayaduras y su juego radial con la muñequilla sobrepasa los valores medios de tolerancia
	Rines	x		Se encuentra en buen estado
	Pistón	x		Se encuentra en buen estado
Cilindro 2	Bulón	x		Se encuentra en buen estado
	Biela		x	Los cojinetes presentan rayaduras y su juego radial con la muñequilla sobrepasa los valores medios de tolerancia
	Rines	x		Se encuentra en buen estado
	Pistón	x		Se encuentra en buen estado
Cilindro 3	Bulón	x		Se encuentra en buen estado
	Biela		x	La biela presenta rotura
	Rines			Se encuentra en buen estado
Cilindro 4	Pistón	x		Se encuentra en buen estado
	Bulón	x		Se encuentra en buen estado

	Biela		x	Los cojinetes presentan rayaduras y su juego radial con la muñequilla sobrepasa los valores medios de tolerancia
	Rines	x		Se encuentra en buen estado
Cigüeñal		x		Se encuentra en buen estado
	1	x		Se encuentra en buen estado
	2	x		Se encuentra en buen estado
Apoyos	3	x		Se encuentra en buen estado
	4		x	Presenta una rayadura
	5	x		Se encuentra en buen estado
	1	x		Se encuentra en buen estado
	2	x		Se encuentra en buen estado
Muñequillas	3		x	Presenta un golpe
	4	x		Se encuentra en buen estado

4.4.2 INFORME DE CONSECUENCIAS Y CORRECCIONES DE PIEZAS CON DESGASTE

Ya analizado los desgastes se presenta un informe de las consecuencias de los elementos desgastados y su posible corrección, presentados en la Tabla 4.20

Tabla 4.20 Informe del estado de los elementos móviles

	Consecuencia de daño	Método de corrección	Tipo de desgaste
Biela 3	Rotura debido a sobrecarga de esfuerzos	Reemplazo de aceite	de biela, En este caso ya se considera de una falla catastrófica, y una falla por fractura dependiendo de su modo de falla
Cojinete de biela 1	Rozamiento debido a mala lubricación	Reemplazo y cambio de aceite lubricante	Desgaste abrasivo

Cojinete de biela 2	Rozamiento debido a una mala lubricación	Reemplazo y cambio de aceite lubricante	Desgaste abrasivo,
Cojinete de biela 4	Rozamiento debido a una mala lubricación	Reemplazo y cambio de aceite lubricante	Desgaste abrasivo
Apoyo 4	Rayadura en la superficie de rozamiento	Limpieza, un pulido con una lija 400 y cambio de lubricante	Desgaste abrasivo
Muñequilla 3	Golpe en la superficie de rozamiento	Limpieza, un pulido con una lija 400 y cambio de lubricante	Sobrecarga o brinelling real

4.4.3. ANÁLISIS FINAL DEL DESGASTE

El desgaste más común presente en los elementos móviles de un motor de cilindrada 1400 C.C, es el desgaste abrasivo y la fatiga iniciada en la superficie. Ya que los elementos móviles se encuentran en constante movimiento son más proclives a desgastarse por el rozamiento y la fricción entre las mismas partes.

Para evitar el desgaste prematuro de estos elementos, se recomienda realizar mantenimientos establecidos en las especificaciones del fabricante, otra forma de controlar el desgaste de los elementos móviles es el manejo adecuado del motor y no sobrepasar los esfuerzos permitidos por el fabricante.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con la inspección visual de los elementos móviles del motor de cilindraje 1400 cc., se determinó que la biela numero 3 presento una fractura que se considera como falla catastrófica. También se encontró rayaduras en los cojinetes de las bielas los cuales son considerados daños normales y en los demás elementos móviles se encontró un desgaste normal ocasionado por los movimientos del motor.
2. Luego de realizar las mediciones correspondientes a cada uno de los elementos móviles del motor con las especificaciones de calibración que van de tolerancias entre 0.01 mm a 0.1 mm, dependiendo de cada elemento móvil. Presentando mayor distorsión entre el juego cilindro-pistón, con una diferencia de 0.02 mm entre el pistón 3 con el pistón 2 y 4, y una diferencia de 0.03 mm entre el pistón 3 con el pistón 4.
3. Se analizo los elementos móviles en base a las medidas obtenidas y se logró reconocer que los cojinetes de biela presentan mayor desgaste ya que presentan una tolerancia de juego radial de 0.08 mm, aunque no sobrepasa los límites de tolerancia máximos que son de 0.15 mm, sobrepasa los valores medios que son de 0.06 mm que debería presentar.
4. Ya realizado el reconocimiento de los tipos de desgaste presentes en los elementos móviles de un motor se encontró que el mayor desgaste se da debido a la abrasión de dos o más cuerpos en los elementos móviles que presentan fricción entre sí, ya que se encontró un bajo nivel de aceite de motor y esto ocasiona que exista fricción entre las partes móviles. Como es el caso de los cojinetes ya sea de biela, que fueron los más afectados , ya que estos presentaron un desgaste de 0.02-0.03 mm en su juego radial .
5. Se logró identificar que la falta del aceite lubricante del motor, ya que se encontró por debajo de la cantidad recomendada por el fabricante que son 3.5 litros, pues este reduce la fricción constante en la cual se trabajan los elementos móviles y su viscosidad es la adecuada para motores pequeños, y la falta de este aceite causo fricción en los elementos móviles y por ende un desgaste

5.2. RECOMENDACIONES

1. Considerar un cambio de aceite del motor 5w-30 y de filtro que es distribuido por el fabricante cada 6 meses, aunque su uso no sea constante, ya que este pierde sus características y por cada cambio de aceite se debe reemplazar el filtro ya que en este se encuentran restos del aceite relajado y puede convertirse en un contaminante . También considerar la revisión del aceite reemplazado en busca de virutas o algún material extraño que se pueda presentar, ya que esto representaría desgaste o daño dentro del motor.

2. Medir los elementos fijos del motor, tomando en cuenta el diámetro de sus cilindros en sentido lineal y transversal en la parte superior, media e inferior y comprobar la planitud del cilindro. Además de realizar un análisis por espectro pía y ferrografía para una mejor comprensión del desgaste

1. Realizar un análisis del desgaste en base a mediciones en los elementos fijos del motor de cilindraje de 1400 cc, tomando en cuenta la tolerancia máxima permitida en la conicidad del cilindro que es 0.05 mm, al igual que el ovalamiento que es de 0.05 mm, su planicidad no sobrepase los 0.05 mm y en que no sobrepase el límite a rectificar que es de 0.1 mm , debido que algunos elementos móviles presentaron daño grave en su análisis también los elementos fijos pueden tener un desgaste.

2. Realizar un análisis y revisión de aceite de motor cada mes, debido a que el uso prolongado de los elementos móviles con anomalías causa desgaste progresivo y se pueden encontrar virutas en los residuos de aceite y esa causa desgaste.

3. Utilizar 3.5 litros de aceite lubricante de motor 5w-30 y debido a que es un motor estacionario y su uso es didáctico, realizar inspecciones cada ciclo académico en busca de anomalías en su funcionamiento.

Bibliografía

1. Buchelli Carpio, L., & García Granizo, V. (2015). Detección temprana de fallas en motores . *Revista Ciencia UNEMI*, 84-95.
2. Gutiérrez Manrique, N. (2006). *Mecánica automotriz*. Lima: Palomino.
3. Rueda Santander, J. (2010). *Técnico en mecánica & electrónica automotriz. Tomo 1*. Bogota: Diseli.
4. Andrino Cebrián, J. A. (2016). *Mecanica y Entrenamiento Simple del Automovil*. España: Ministerio del Interior.
5. Arias Paz, M. (2004). *Manual de Automóviles*. Madrid: Dossat.
6. Barros Bermeo, H. O., & Moran Castro, D. W. (2014). Reparacion de un motor de combustion interna 1.3 fire. Guayaquil , Guayas, Ecuador.
7. CATERPILLAR. (s.f.). METROLOGIA, Instrumentos de medicion y usos.
8. CATERPILLAR. (s.f.). METROLOGIA, Instrumentos de medicion y usos.
9. D'addario, M. (2017). *Manual de la Mecanica del Automóvil*. Safecreative.
10. Denton, T. (2016). *Diagnóstico avanzado de fallas automotrices* . Barcelona: Marcombo.
11. Díaz del Castillo Rodríguez, F. (2007). TRIBOLOGÍA: FRICCIÓN, DESGASTE Y. CUAUTITLÁN IZCALLI.
12. *es.scribd.com*. (s.f.). Obtenido de Análisis de Falla 1:
<https://es.scribd.com/document/92220460/A-01-Libro-3-Desgaste>
13. Escudero, S., González, J., Rivas, J. L., & Suárez, A. (2011). *Motores*. MACMILLAN.
14. Espejo Mora, E., & Hernández Albañil, H. (2017). *Análisis de fallas de estructuras y elementos mecánicos*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
15. Espinoza , H., Patiño , L., Gonzáles, Y., Lara , Y., & Tineo, A. (2008). ESTUDIO COMPARATIVO DEL DESGASTE EN UN MOTOR DE ENCENDIDO POR CHISPA EN CONDICIONES DE VELOCIDAD VARIABLE USANDO GASOLINA Y GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE. *SABER. Revista Multidisciplinaria del Consejo de Investigacion de la Universidad de Oriente*, 96-102.
16. Gil Martínez, H. (2012). *Manual práctico del automóvil: Reparación, mantenimiento y prácticas*. Grupo Cultural.
17. Giraldi, J. (1985). *motores de combustion interna*. Agroamerica.
18. Godoy, P. (s.f.). *infolibros.org*. Obtenido de Mecanica Automotriz:
<https://infolibros.org/pdfview/1947-mecanica-automotriz-presentacion-pedro-godoy/>

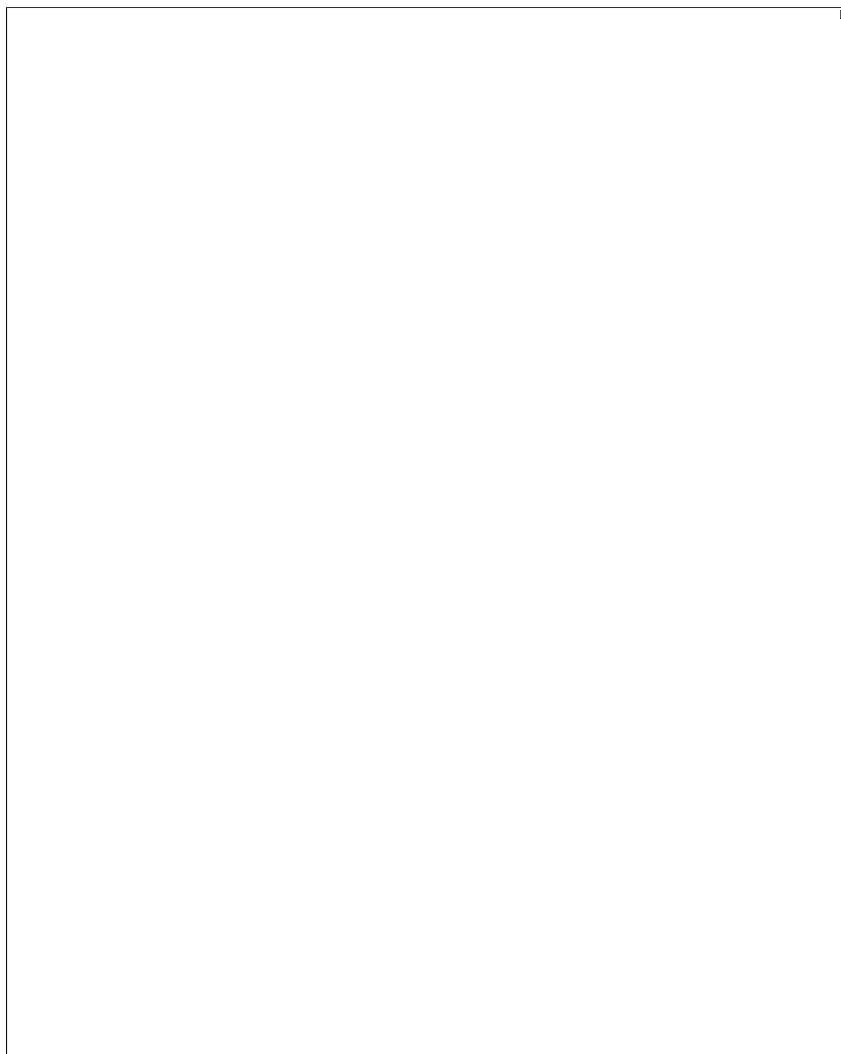
19. Gonzales Calleja, D. (2015). *Mantenimiento de motores térmicos de dos y cuatro tiempos*. Madrid: Paraninfo.
20. Granizó, J. (2017). Diagnóstico del mecanismo de desgaste aplicado . *Revista Ciencia UNEMI*, 49-58.
21. <https://es.scribd.com>. (s.f.). Obtenido de Analisis de Falla Por Desgaste: <https://es.scribd.com/presentation/320842013/Analisis-de-Falla-por-Desgaste>
22. <https://es.scribd.com/>. (s.f.). Obtenido de Desgaste en Elementos Mecanicos : <https://es.scribd.com/document/237963982/Desgaste-en-Elementos-Mecanicos>
23. <https://es.slideshare.net>. (s.f.). Obtenido de Tolerancias reparacion de motores: <https://es.slideshare.net/chicovictor123/tolerancias-reparacion-de-motores>
24. <https://issuu.com>. (s.f.). Obtenido de Guia de Aprendizaje Diagnostico y verificacion de tolerancia para un ajuste de motor : https://issuu.com/nikoaku/docs/guia_aprendizaje_diagnostico_y_veri
25. <https://www.e-auto.com.mx>. (s.f.). Obtenido de Ajuste de Motor 02 - Normas de Ajuste y Tolerancias: <https://www.e-auto.com.mx/engew/index.php/85-boletines-tecnicos/6388-ajuste-de-motor-normas-de-ajuste>
26. <https://www.mecanicoautomotriz.org/1714-curso-instrumento-medicion-reloj-comparador-lectura-calibracion>. (s.f.). Obtenido de Curso de Instrumento de Medición: Reloj Comparador – Lectura y Calibración: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1714-curso-instrumento-medicion-reloj-comparador-lectura-calibracion>
27. Leeming, D. J., & Howarth, M. (1988). *El motor del automóvil: Conocimientos básicos*. Mexico: Publicaciones Marcombo.
28. Llamosa, L., Meza, L., & Villarreal, M. (2007). INVESTIGACIÓN EN EL ÁREA DE LA METROLOGÍA PRESENTACIÓN DE UN . *Redalyc.org*, 403-408.
29. Llanes Cedeño, E., Guardia Puebla, Y., de la Rosa-Andino, A., Cevallos Carvajal, S., & Rocha Hoyos, J. (s.f.). Detección de fallas en motores de combustión mediante indicadores de temperatura y presión de inyección . *Ingenius*, 38-46.
30. Luque, P., Alvarez, D., & Vera, C. (2008). *Ingeniería del Automóvil*. Madrid: Intenacional Thomson Editores.
31. Marbán, R. M., & Pellecer, J. A. (2002). *METROLOGÍA PARA NO METRÓLOGOS*. OEA.
32. *mecanica Automotriz.org*. (s.f.). Obtenido de Manual de motores a gasolina- Mecanismos, componentes y funcionamiento: <https://www.mecanicoautomotriz.org/4440-manual-funcionamiento-motor-gasolina-mecanismos-partes-funcion>

33. *mecanicoautomotriz.org*. (s.f.). Obtenido de <https://www.mecanicoautomotriz.org/4430-manual-motores-gasolina-mecanismos-componentes-funcionamiento>
34. Muller S, F. (s.f.). *Diccionario Técnico de Mecánica de Automóviles*. Santiago de Chile.
35. Norbye, J. P. (1994). *Manual de sistemas full injection*. prentinece-hall hispanoamerica.
36. Ramirez, H. I. (s.f.). Metrología y reconocimiento de partes de un motor.
37. Romero, Marlon Alexis Mora. (2015). Estudio y Análisis del Motor del Combustión Interna del Vehículo Híbrido Toyota Prius Modelo A. Guayaquil.
38. salazar, j. (s.f.). *patiosdeautos.com*. Obtenido de patiosdeautos.com: <https://www.patiosdeautos.com/general/la-historia-del-motor-de-combustion-interna/>
39. Sanches, M. R. (2019). *Técnicas de mecanizado y metrología*. Editorial Elearning.
40. Sanz Acabes, S. (2017). *El motor de combustion interna*. Editex.
41. Sanz, S. (2017). *El motor de combustion interna*. Editex.
42. Saucedo, L., & Garcia, J. (s.f.). INSTRUMENTOS DE MEDICION MECÁNICA.
43. Tovar Sánchez, G. (s.f.). *Fundamentos Del Analisis de Falla*. Colombia: Escuela Colombiana de Ingeniería.
44. Vargas, J. (1999). *Manual del automóvil: Manual básico de mecánica para no mecánico*. Bogotá : Intermedio Editores.
45. *www.mecanicoautomotriz.org*. (s.f.). Obtenido de Manual de diagnostico y reparacion de componentes del motor a gasolina: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1498-manual-diagnostico-reparacion-componentes-motor-gasolina>
46. *www.mecanicoautomotriz.org*. (s.f.). Obtenido de Curso de Reparación Completa del Motor – Procedimiento de Desmontaje e Inspección: <https://www.mecanicoautomotriz.org/1759-curso-reparacion-completa-motor-procedimiento-desmontaje-inspeccion>

ANEXOS

ANEXO I

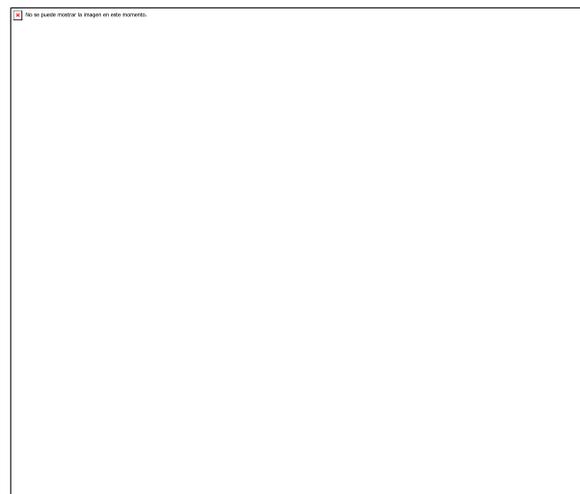
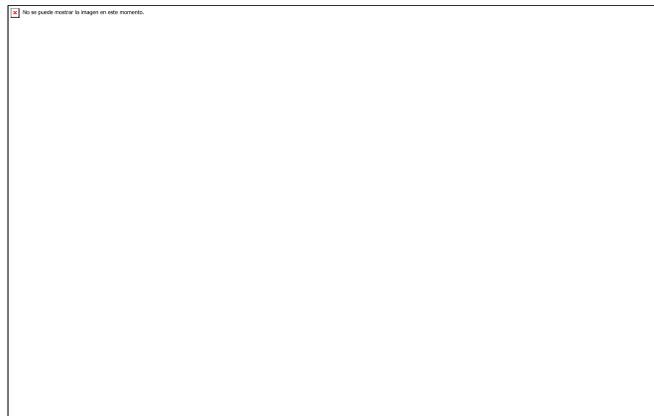
MOTOR MPE DE UN CHEVROLET CORSA WIND



⏏ No se puede mostrar la imagen en este momento.

ANEXO II

CALIBRACIÓN DE LOS RINES



(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 253)

ANEXO III

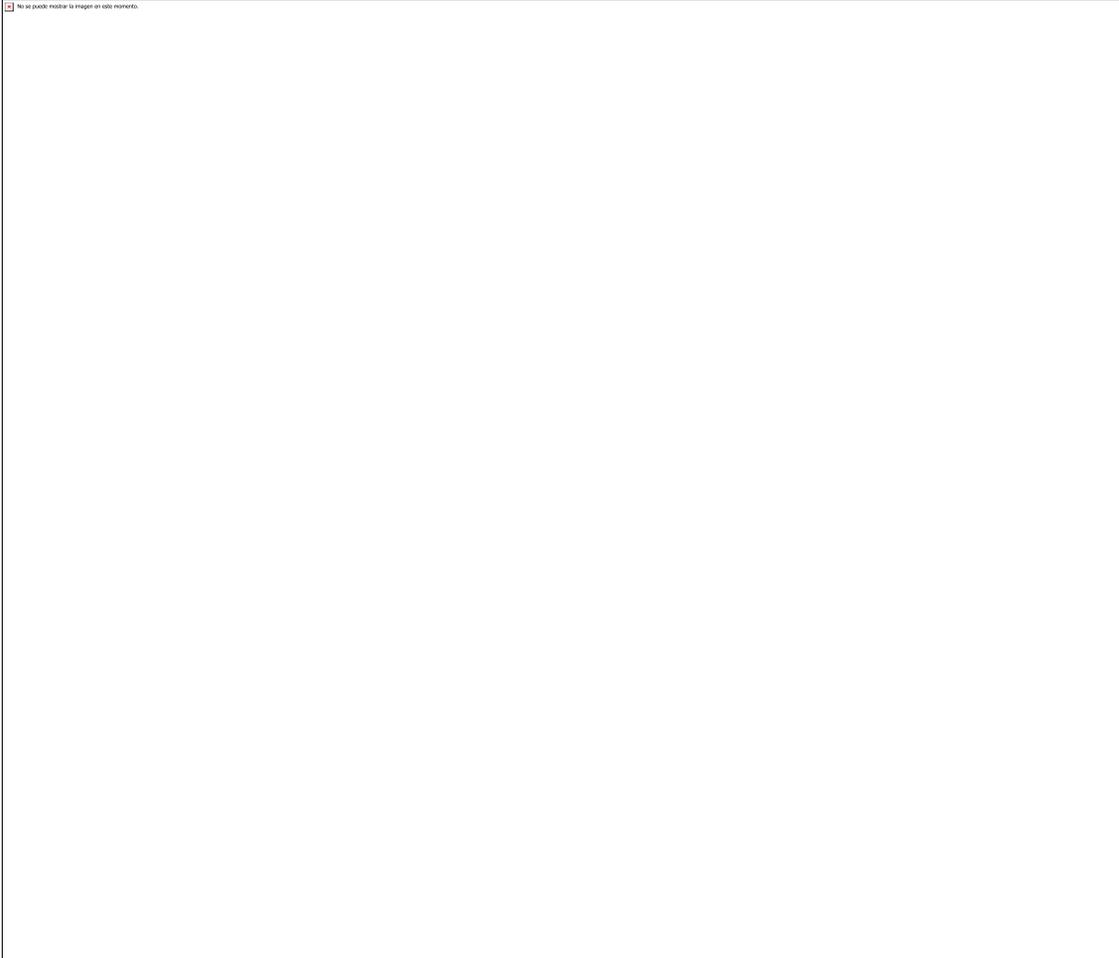
CUADRO DE LAS POSIBILIDADES DE RECTIFICADO CON UN CIGÜEÑAL DE DIÁMETRO DE 52 MM EN LOS APOYOS



(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 256)

ANEXO IV

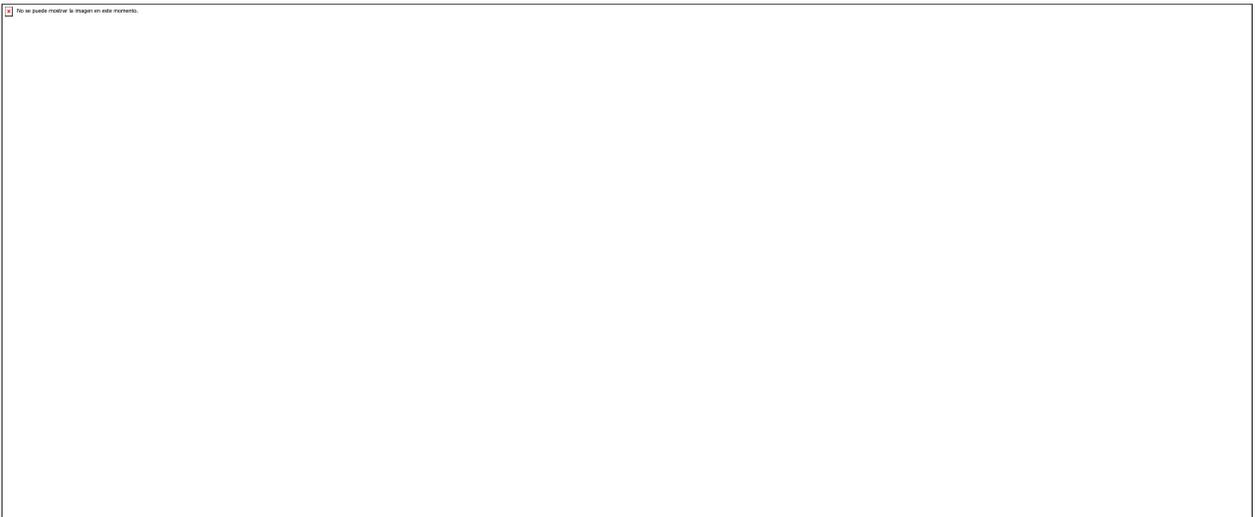
COMPARACIÓN DE LA PLANITUD DEL BLOQUE



(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 260)

ANEXO V

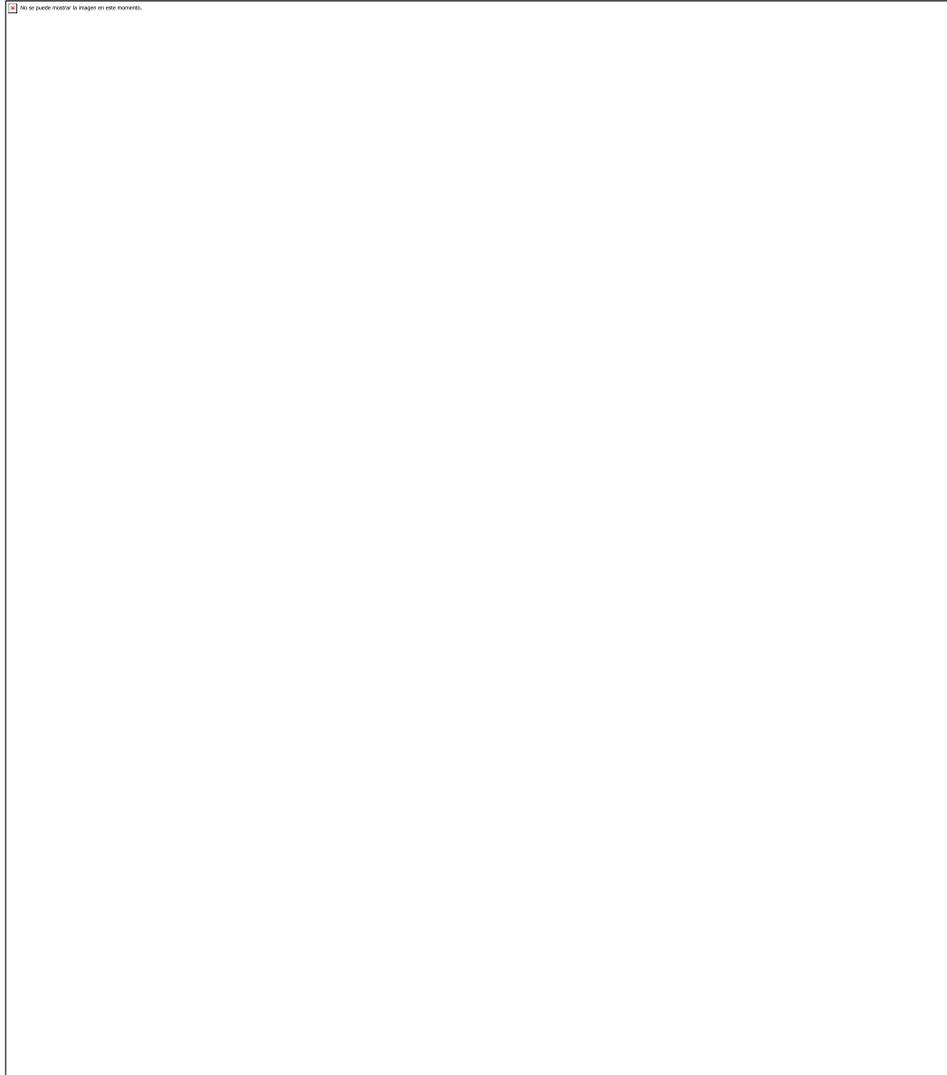
MEDICIÓN DE LOS CILINDROS



(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 261)

ANEXO VI

TOLERANCIAS DE MEDIDAS Y VALORES MEDIOS DE LAS COMPROBACIONES



(Sanz Acabes, El motor de combustion interna, 2017, pág. 265)

ANEXO VII

GUÍA RÁPIDA DE MEDICIONES DE LOS ELEMENTOS MÓVILES DE UN MOTOR



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**GUÍA RÁPIDA DE MEDICIONES DE LOS
ELEMENTOS MÓVILES DE UN MOTOR**

SARAGURO ONTANEDA ÁLVARO RICARDO

IBARRA 2021

Contenido	
METROLOGÍA	104
CARACTERIZACIÓN DE LA METROLOGÍA	104
Metrología científica	104
Metrología industrial.....	104
Metrología legal	104
MEDICIÓN	104
Unidades de medida	104
Sistema ingles.....	105
Sistema internacional.....	105
TIPOS DE MEDICIÓN	105
Medición directa	105
Medición indirecta	105
ERRORES EN LA MEDICIÓN.....	105
Errores instrumentales.....	105
Errores humanos.....	106
Errores ambientales	106
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y SU USO	106
Calibrador vernier.	106
Uso del calibrador vernier	108
Micrómetro de exteriores	109
Micrómetro para interiores.....	110
Calibrador de profundidades.	111
Uso del micrómetro	111
Reloj comprobador	112

Uso del reloj comparador	113
Medidor de ranuras anillo del pistón	115
Uso de los medidores de ranuras de anillos del pistón	115
Juego de espesores (galgas)	116
MEDICIONES DE LAS PARTES MÓVILES DEL MOTOR	117
Mediciones del cigüeñal	117
Mediciones del pistón	119
Medición del bulón	120
Mediciones de los rines del pistón	120
Mediciones de las bielas	121
TABLA DE TOLERANCIAS Y VALORES MEDIOS PARA LA COMPROVACION.....	123
Bibliografía	125

METROLOGÍA.

Para este trabajo se utilizó la metrología, ya que es una ciencia utilizada para el estudio de mediciones de magnitudes. Para su aplicación existen diferentes instrumentos de medición que ayudan a descubrir y expresar las magnitudes con un valor exacto.

Gracias a esta ciencia ayudo a encontrar el valor de desgaste de los materiales móviles del motor y las diferencias de tolerancia entre las diferentes muestras tomadas para efectuar el proyecto.

CARACTERIZACIÓN DE LA METROLOGÍA

Metrología científica

Es el conjunto de acciones que persiguen el desarrollo de patrones primarios de medición para las unidades de base y derivadas del sistema internacional de unidades(S.I.). (Marbán & Pellecer, 2002)

Metrología industrial

Reside en la calibración; control y mantenimiento adecuados de todos los equipos de medición empleados en producción, inspección y pruebas, con la finalidad de garantizar la conformidad de las normas con los productos. (Marbán & Pellecer, 2002)

Metrología legal

Es la totalidad de los procedimientos legislativos, administrativos y técnicos establecidos por autoridades y puestas en vigor por cuenta con la finalidad de especificar y asegurar, de forma regulatoria, la calidad y credibilidad apropiadas de las mediciones relacionadas con los controles oficiales. (Marbán & Pellecer, 2002)

MEDICIÓN

Es la comparación de dos cantidades que son de la misma magnitud, una cantidad conocida que se busca determinar y otra cantidad ya conocida. Determinado por una magnitud previamente establecida.

Unidades de medida

Son magnitudes establecidas para indicar la cantidad requerida para la medición, dependiendo del sistema métrico empleado.

Sistema ingles

Es conocido como sistema de pulgadas y es utilizado por los EE. UU. para sus mediciones (CATERPILLAR)

Sistema internacional

Una versión moderna del sistema métrico, establecido por un acuerdo internacional en octubre de 1960. Está constituido por una base de siete unidades más dos complementarias.

TIPOS DE MEDICIÓN

Medición directa

Es directa cuando se dispone de un instrumento de medida del cual se obtiene. (Saucedo & Garcia)

Medición indirecta

Esta medición se logra a través de otra variable. (Saucedo & Garcia)

ERRORES EN LA MEDICIÓN

Se tomó en cuenta los diferentes cuidados que se pueden presentar, evitando la alteración de los resultados. Ya que, a pesar de tomar las precauciones debidas, las medidas pueden presentar un tipo de error debido a diferentes factores que son:

- 47. Errores instrumentales
- 48. Errores humanos
- 49. Errores ambientales

Errores instrumentales

Son errores ya previstos por el fabricante, y tienen un margen límite de error ya establecidos por las normas de fábrica. Estos errores son:

- 50. Fabricación defectuosa
- 51. Deformaciones
- 52. Linealidad ineficiente

- 53. Paralelismo ineficiente
- 54. Partes móviles con una excesiva fricción
- 55. Materiales envejecidos

Errores humanos

- 56. La mayor causa de error se da por errores humanos, estos errores son:
- 57. Instrumentos sin calibración
- 58. Fuerza excesiva al medir
- 59. Instrumentos no adecuados para el trabajo
- 60. Mala posición
- 61. Mal paralaje
- 62. Tomar un punto de apoyo equivocado

Errores ambientales

Se dan cuando existe alteraciones en el ambiente en el cual se toma la medida. Los cuales son:

- 63. Humedad excesiva
- 64. Presencia de polvo y contaminación
- 65. Exceso de presión
- 66. Exceso de temperatura

INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN Y SU USO

Calibrador vernier.

Utilizado para medir interiores, exteriores, peldaños y profundidades, mediante una calibración directa, ya sea en centímetros hasta fracciones de milímetro hablando del sistema internacional. Por su parte en el sistema ingles va desde la pulgada hasta 1/128 de pulgada.

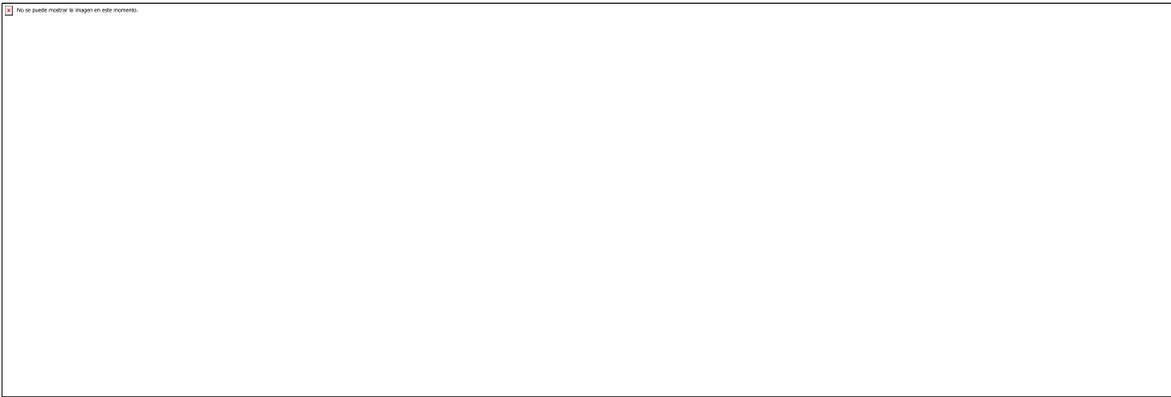


Figura 1 Pie de rey

(Sanches, Técnicas de mecanizado y metrología , 2019)

Consta de dos mordazas en la parte superior de este que ayuda a medir interiores, en la parte inferior también tiene mordazas de mayor tamaño que miden exteriores y posee una barra o coliza que es utilizada para medir profundidades. Cuenta con dos partes, una fija en la cual están ubicadas las medidas grandes (centímetros y pulgadas), mientras que consta de una parte móvil llamada nonio (escala vernier) en la cual se encuentran los valores de menor medida (fracciones de milímetro y fracciones de pulgada).

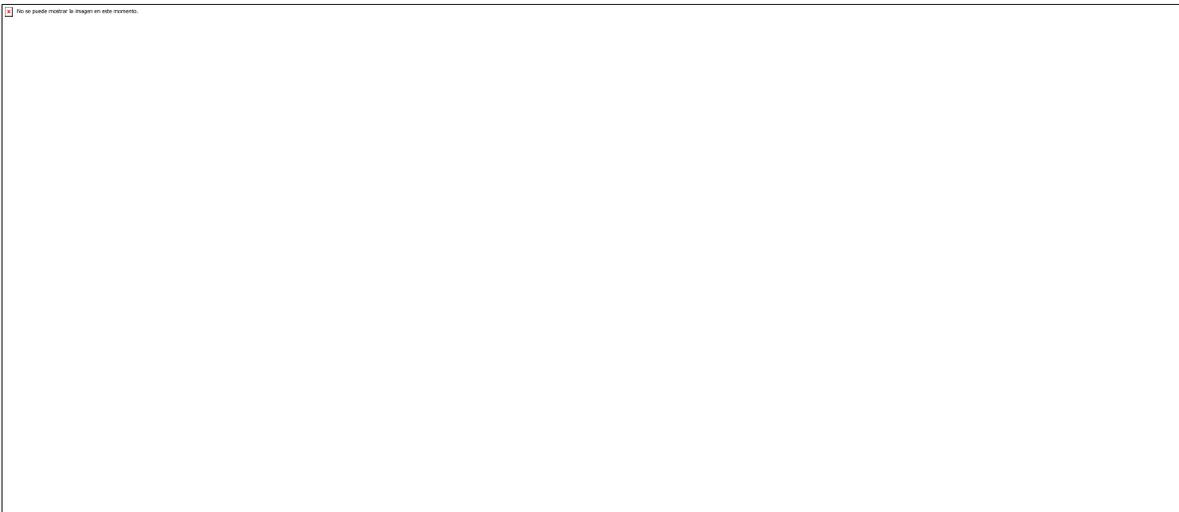


Figura 2 Pie de rey

(Sanches, Técnicas de mecanizado y metrología , 2019)

Escala vernier.- Para encontrar la medida exacta se realiza visualizando la cantidad de milímetros que se encuentren con anterioridad al cero del nonio más el número de decimas que coincida con los milímetros que se ubican en la parte fija (Sanches, Técnicas de mecanizado y metrología , 2019)

Uso del calibrador vernier

Calibre decimal

En este caso el nonio está dividido en 10 partes, con lo cual la división se da en 0.9 unidades. La lectura se puede tomar mediante la siguiente formula:

$$X = M_1 + \frac{M_2}{10}$$

Donde:

X: medida tomada

M_1 : lectura tomada desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2 : lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

Calibre vigesimal

En este caso en nonio se divide en 20 partes, dando una precisión hasta de 0.05 mm, la lectura se toma de la siguiente forma:

$$X = M_1 + \frac{M_2}{20}$$

Donde:

X: medida tomada

M_1 : lectura tomada desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2 : lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

Calibre quincuagésimo

En este caso el nonio se divide en 50 partes, dando una precisión hasta de 0.02 mm y su lectura se la puede encontrar con la siguiente formula:

$$X = M_1 + \frac{M_2}{50}$$

Donde:

X: medida tomada

M_1 : lectura tomada desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2 : lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

Calibre de medidas en pulgadas

Las medidas se dan en pulgadas, ya que en la regla fija se tiene una división de 16 partes iguales entre cada pulgada y una regla móvil dividida en 8 partes. La lectura de a medida se da con la siguiente formula:

$$X'' = \frac{M_1''}{16} + \frac{M_2''}{128}$$

Donde

X'' : medida tomada en pulgadas

M_1'' : lectura tomada en pulgadas, desde el 0 de la regla fija, hasta el 0 del nonio

M_2'' : lectura del primer número del nonio que coincide con uno de la regla fija

Calibre para medir milésimas de pulgada

En esta tenemos una división de 10 partes, que se leen como decimas de pulgada, y cada una se divide en 4 partes iguales que equivales a 0.025". dividiendo la regla fija en 40 partes iguales por cada unidad.

Por su parte en la regla móvil se tiene 25 divisiones, que equivalen a 0.001.

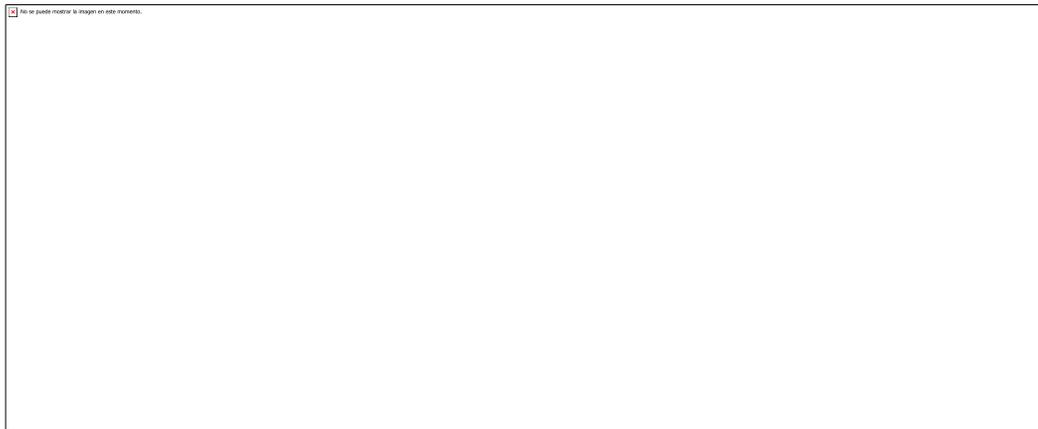


Figura 3 Micrómetro de exteriores

(Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia , 2019)

Micrómetro de exteriores

También conocido como tornillo de palmer. Es utilizado para tomar medidas más exactas de los exteriores, cuenta de dos puntas unidas por un arco en forma de herradura que se van uniendo debido a un tambor que contiene un tornillo de rosca que se cierra hasta encontrar la medida exacta. Consta de un tambor fijo en el cual se encuentran las medidas en milímetros enteros en la parte superior y en la parte inferior la de los medios milímetros, por su parte en el tambor móvil se encuentra una división de 50 gravada alrededor de este.



Figura 4 Micrómetro de exteriores

(Sanches, Técnicas de mecanizado y metrología, 2019)

Micrómetro para interiores.

Su función es semejante al micrómetro de exteriores con la diferencia que este se encarga de tomar medidas internas. consta de dos contactos llamados yunques, teniendo uno fijo y otro móvil que se mueven gracias a un grupo de varillas con diferentes medidas nominales. (Ramirez)

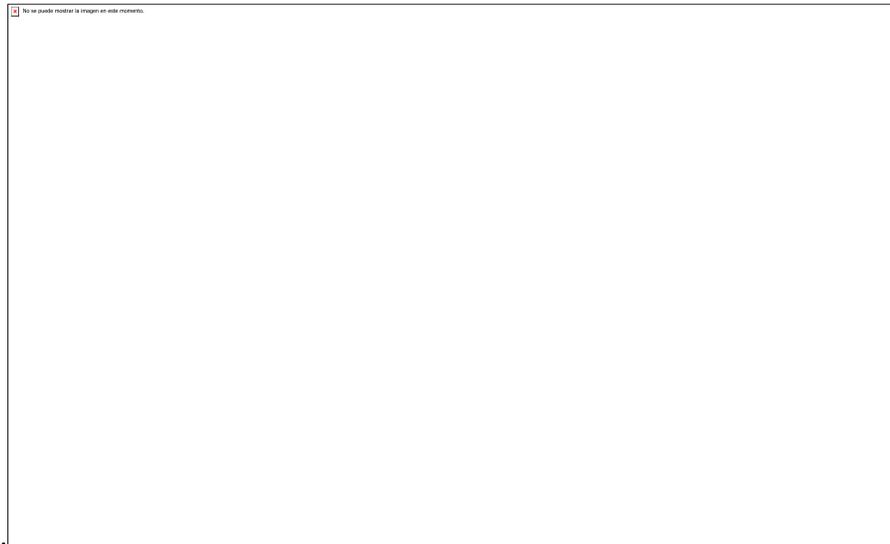


Figura 5 Micrómetro de exteriores

(Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia, 2019)

Calibrador de profundidades.

Su sistema es similar al del micrómetro de exteriores con la variación de que este nos ayuda a tomar medidas de profundidad como agujeros. Es de gran ayuda porque gracias a este podemos encontrar el valor de carrera del pistón

**Figura 6** Calibrador de profundidades

(Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia , 2019)

Uso del micrómetro

Para encontrar el valor se toma en cuenta la cantidad de milímetros y medios milímetros que recorre el tambor más el valor de la escala giratoria que esté más cerca a la escala longitudinal del tambor fijo. (Sanches, Tecnicas de mecanizado y metrologia , 2019) una vez tomada la medida se coloca el freno, para que la medida no tenga alteraciones.

En la figura se muestra las dimensiones utilizadas en el micrómetro con una escala de 0.01

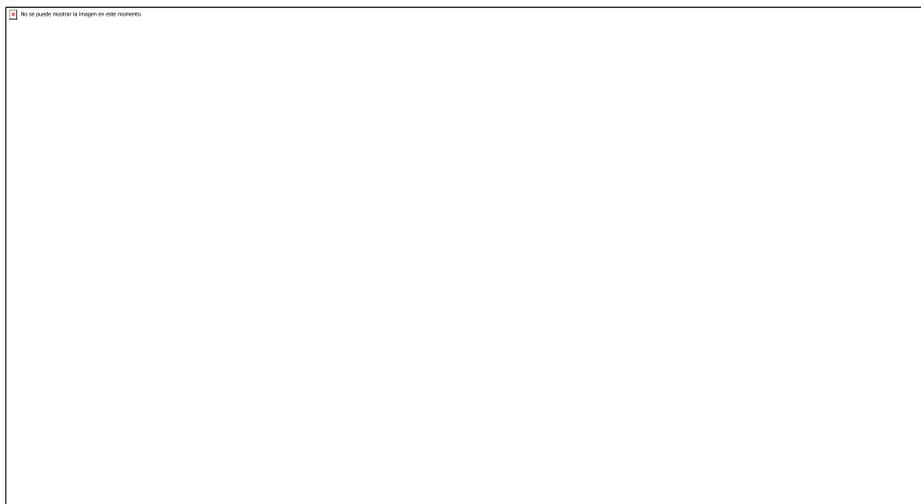


Figura 7 Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

En la siguiente imagen se muestra una escala de 0.001 mm, dando así una medida más exacta

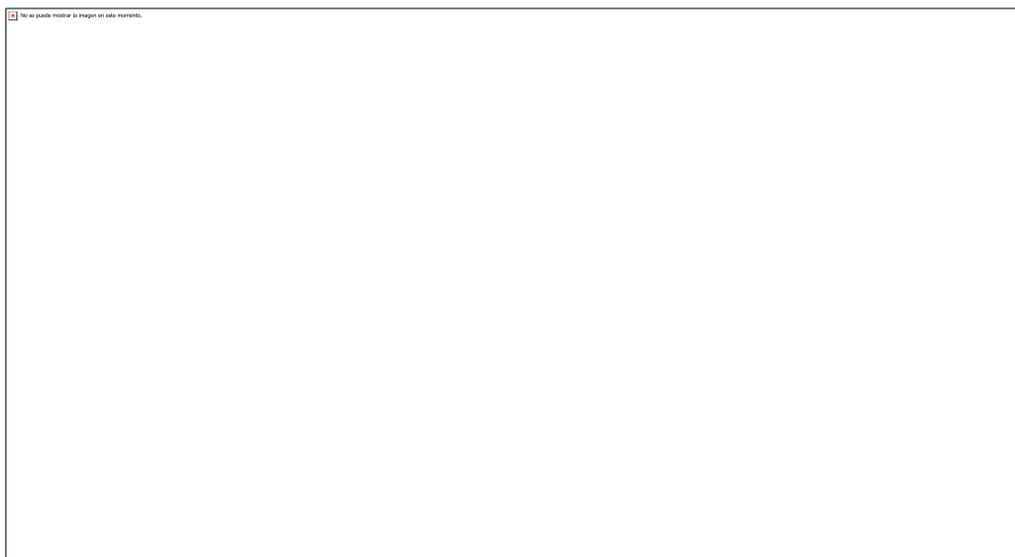


Figura 8 Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

En este caso se toma la lectura del cilindro, sumando después la mitad del tambor y por último la línea que coincide entre el tambor y el cilindro el valor específico a tomar, para así obtener una medida más exacta. Dicho así, en la figura nos da una medida de 4.994 mm

Reloj comprobador

Es utilizados en la medición indirecta y puede medir longitudes, espesores y deformaciones mediante una comparación entre las superficies, dando así la medida comparativa de una magnitud. Mediante el desplazamiento de la punta palpadora, se envía y se amplifica hacia los indicadores de la ajuga del reloj.



Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

Este instrumento de medida necesita complementos para su utilización pues este servirá para la sujeción firme y alineación con respecto a dirección en donde se realiza la medida. , además de que cuenta con una medida que sirve de referencia.

Uso del reloj comparador

Para comenzar con la medición, se tiene que seguir los siguientes pasos:

67. Calibrar y poner en cero el calibrador
68. Identificar la superficie a medir
69. Elegir y colocar el soporte necesario para la medición
70. Seleccionar una punta adecuada de contacto

71. Elegir un patrón de medición, tomando en cuenta que debe ser el más cercano a el objeto por medir
72. Girar la escala hasta ajustar el reloj en base al bloque de patrón de medición, hasta tener un valor de 0 de la aguja circular
73. Sacar el patrón de medida y poner la pieza la cual se va a medir, en el plano de apoyo.

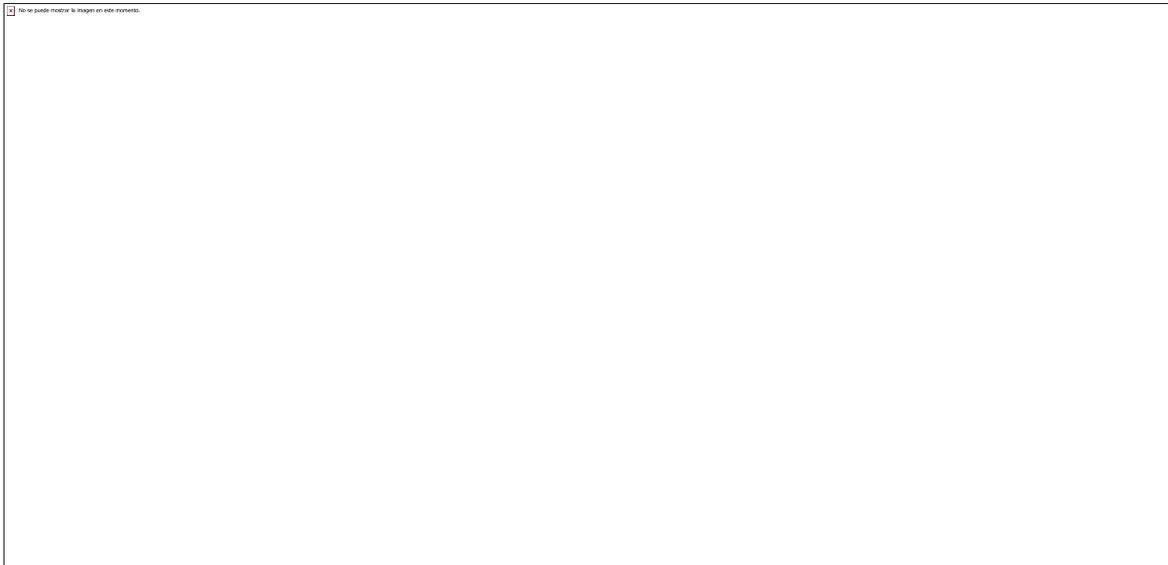


Figura 9 Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

Con la lectura ya tomada, se deberá sumar o restar, con respecto a la dimensión del patrón en función de las agujas. En caso de ser horario se deberá sumar y en caso de antihorario, de deberá restar.

Para encontrar el valor de medida real se empleará la siguiente formula:

$$X = P \pm \left(n + \frac{a}{100} \right)$$

Donde:

X: medida real

P: medida del patrón

N: número de vueltas de la aguja

A: lectura indicada por la aguja primaria

Medidor de ranuras anillo del pistón

Para la medición de las ranuras del pistón, se utiliza un medidor que nos indica el estado de las anillas de pistón. Ya que, si alguna de estas anillas presenta desgaste, su efecto sería pérdida de potencia en el motor.

Existen tres tipos:

1. Juego de placas para anillas rectas
2. Juego de placas para anillas tipo keystone o cuña
3. Calibre pasa o no pasa

Uso de los medidores de ranuras de anillos del pistón

Para el uso de placas. Se coloca el calibrador en la hendidura del pistón y si el pistón no presenta claridad, el pistón no debe ser utilizado.

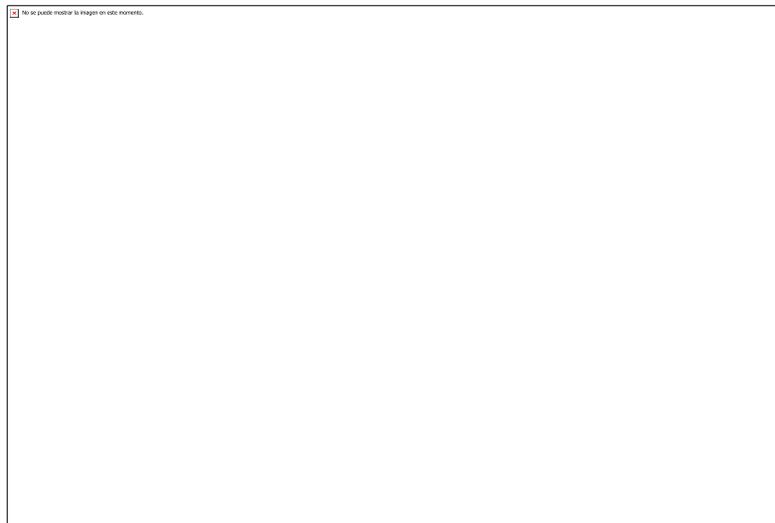


Figura 10 Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

En el caso del calibrador, pasa o no pasa, se coloca de la manera que se muestra en la figura y si muestra un juego axial, se considera al pistón no utilizable.

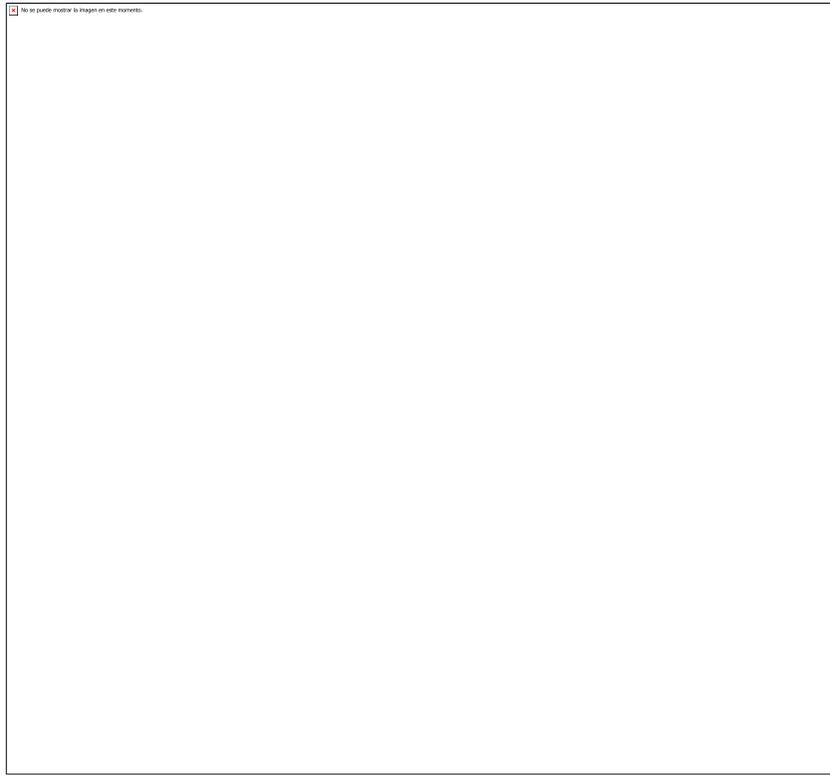


Figura 11 Calibrador de profundidades

(CATERPILLAR)

Juego de espesores (galgas)

Son laminas delgadas marcadas con respecto a su espesor y son utilizadas para la calibración de pequeños espesores. Y para su uso se debe tomar la precaución de no introducir las en lugares ásperos o forzarlas, ya que esto representaría daños para el calibrador.

Su uso consiste en introducir la lámina en la ranura hasta verificar que no exista holgura. Su longitud puede variar sin cambiar su espesor o puede tener una figura cónica en un extremo.

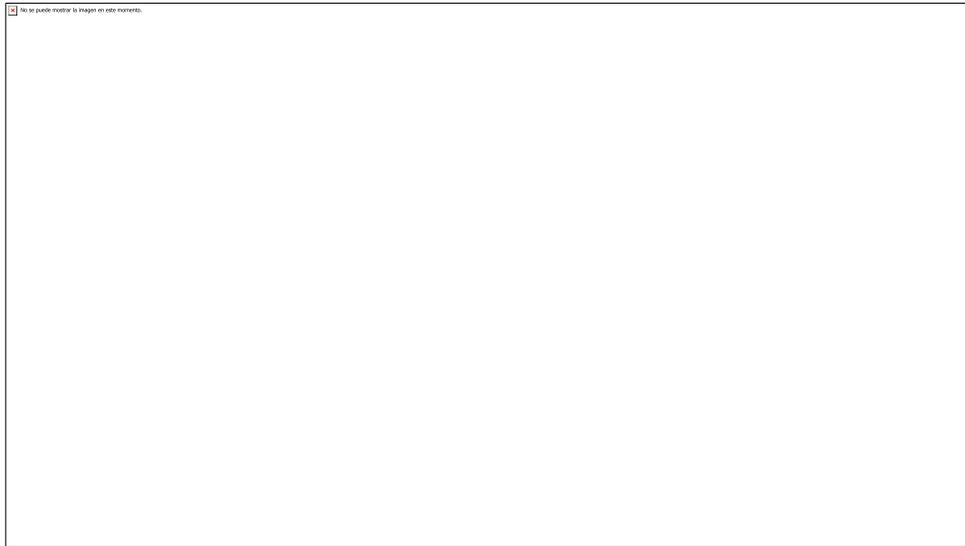


Figura 12 Calibrador de profundidades
(CATERPILLAR)

MEDICIONES DE LAS PARTES MÓVILES DEL MOTOR

Para comprobar el desgaste de las partes móviles del motor, se procedió a realizar las mediciones pertinentes en cada una de ellas. A continuación, se detalla cada uno de los pasos a seguir para la obtención de dichas medidas para su posterior análisis de desgaste.

Mediciones del cigüeñal

Antes de cada medición, se realizó una inspección para verificar si no existe desgaste presente en las muñequillas y los apoyos del cigüeñal, ya que esos deben presentar un aspecto brillante y sin rayaduras.

Se tomo en cuenta los distintos parámetros que se debe tomar al momento de la comprobación y calibración del cigüeñal.

Ovalamiento y conicidad en los apoyos y muñequillas.- En el caso de la obtención del ovalamiento se tomó los diámetros de los apoyos y las muñequillas perpendicularmente, con un calibrador, ya sea pie de rey o micrómetro, tomando en cuenta que el ovalamiento no debe superar los 0.04 mm. Y para la obtención de la conicidad se tomó el micrómetro de la misma manera, pero tomando el diámetro de los extremos de los apoyos y muequillas, verificando que no exceda los 0.03 mm

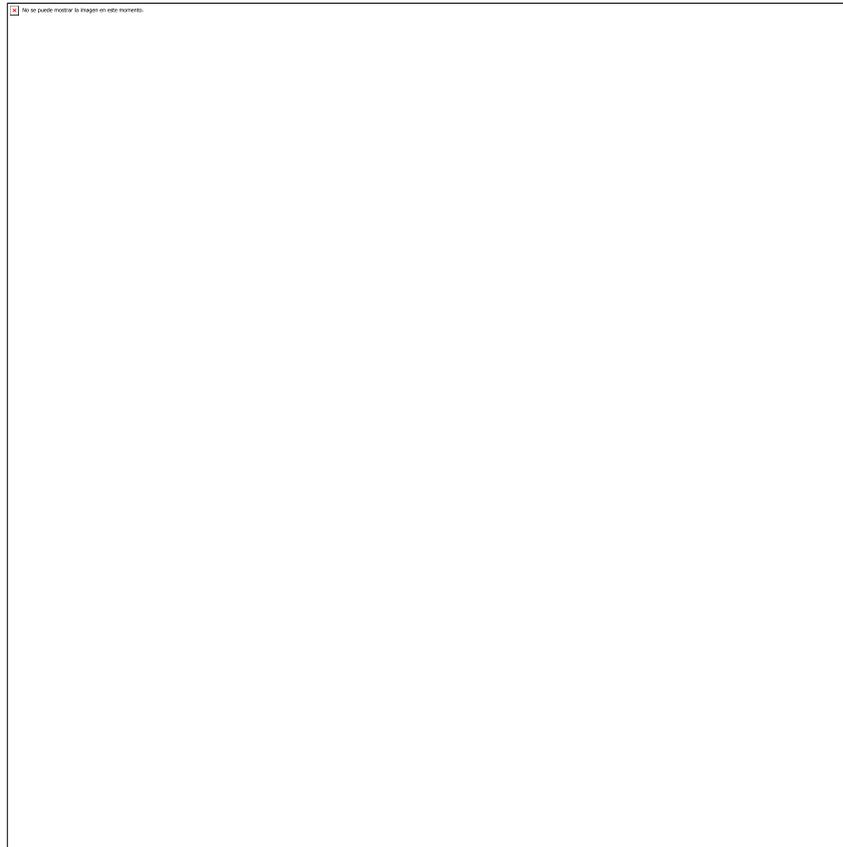


Figura 13 Medición del ovalamiento y la conicidad

(Sanz Acabes, 2017, pág. 255)

En la figura se muestra cómo se realiza la medición del ovalamiento, tomando las medidas en la sección A y B. y la conicidad tomando las medidas en la sección I y D.

Juego de montaje de las muñequitas y los apoyos.- ya que se obtuvo las medidas de cada apoyo y muñequilla en la verificación de ovalamiento y conicidad. En el caso de las muñequillas se comparó el menor diámetro obtenido con el mayor de los cojinetes de la cabeza de la biela. Por su parte en los apoyos se tomó de igual manera el menor diámetro con el mayor de los cojinetes de bancada.

Se tomó en cuenta los juegos de montaje de los apoyos y las muñequillas con sus respectivos cojinetes, vaya entre 0.02 y 0.06 mm sin sobrepasar los 0.15 mm

Comprobación de juego de montaje con hilo de calibrado(plastigage).-primeramente, se ubicó el cigüeñal en los semicojinetes de bancada. Luego se colocó el platigage en cada apoyo del cigüeñal de forma que no sobrepase el largo del apoyo. Después se procedió a montar las tapas de los cojinetes y apretarlos con su respectivo apriete sin girar el cigüeñal.



Figura 14 Comparación de las medidas obtenidas por el plastigage

Ya que las tapas de los cojinetes estén apretados a su par, se procede a retirarlas y se observó que el hilo se encontraba aplastado. Es entonces que se comparó con las medidas que se encuentran en la funda del plastigage.

En el caso de las muñequitas, se sigue con los mismos pasos que los apoyos, pero con sus respectivos cojinetes de biela.

Mediciones del pistón

Antes de realizar las medidas del pistón se retiró los rines y se procedió con la inspección de imperfecciones en el pistón. Para la medición de el pistón se siguió los siguientes caracteres:

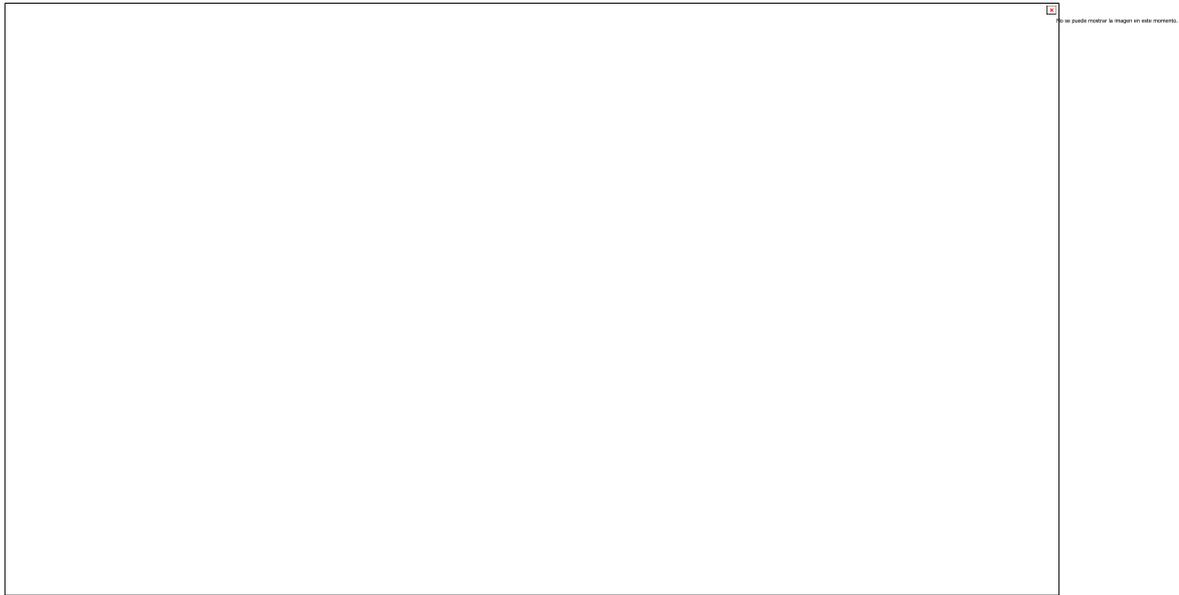


Figura 15 Medición del pistón

(Barros Bermeo & Moran Castro, 2014)

Diámetro del pistón.- En base a la sección C-C que se muestra en la, se procedió a medir el diámetro del pistón, tomando en cuenta una cierta distancia de la cabeza del pistón.

En caso de que el diámetro del pistón no se especifique se mide transversalmente al bulón a la misma altura de este. (Sanz Acabes, 2017, pág. 253)

Juego de montaje.- se tomó en cuenta el juego entre el cilindro y el pistón. Este juego debe ser entre 0.02 y 0.05 mm. Para obtener este dato se midió el diámetro del pistón y del cilindro, para luego realizar una resta con recto de las dos medidas. Consiguiendo así su tolerancia.

Medición del bulón

Para la medición del bulón se procedió a una limpieza, para luego comprobar los diámetros con un micrómetro. Comprobando así si existe desgaste. También se mide con un alexometro el diámetro de alojamiento, comprobando así la existencia de ovalamiento.

Mediciones de los rines del pistón

Se realizó una inspección visual, verificando la presencia de desgaste. Para luego proceder con la medición, utilizando un micrómetro, del espesor de cada segmento.

Para la edición de la abertura entre puntas, se introdujo el segmento en el cilindro empujado por el pistón, hasta lograr una posición horizontal. Con una galga se midió el espesor entre las puntas,

tomando en cuenta la tabla de valores medios de la apertura entre puntas en función del diámetro del pistón, presentada en la

Valores de apertura entre puntas de rines en función del diámetro del cilindro

VALORES MEDIOS DE LA APERTURA ENTRE PUNTAS EN FUNCIÓN DEL DIÁMETRO DEL CILINDRO

DIÁMETRO DEL CILINDRO (mm)	ABERTURA (mm)
60-80	0.20-0.25
80-100	0.25-0.30
100-150	0.30-0.40

Fuente: (Sanz Acabes, 2017, pág. 254)

Para una comprobación del juego axial del segmento se introdujo una cara del segmento en su alojamiento y luego se procedió a medir con una galga.

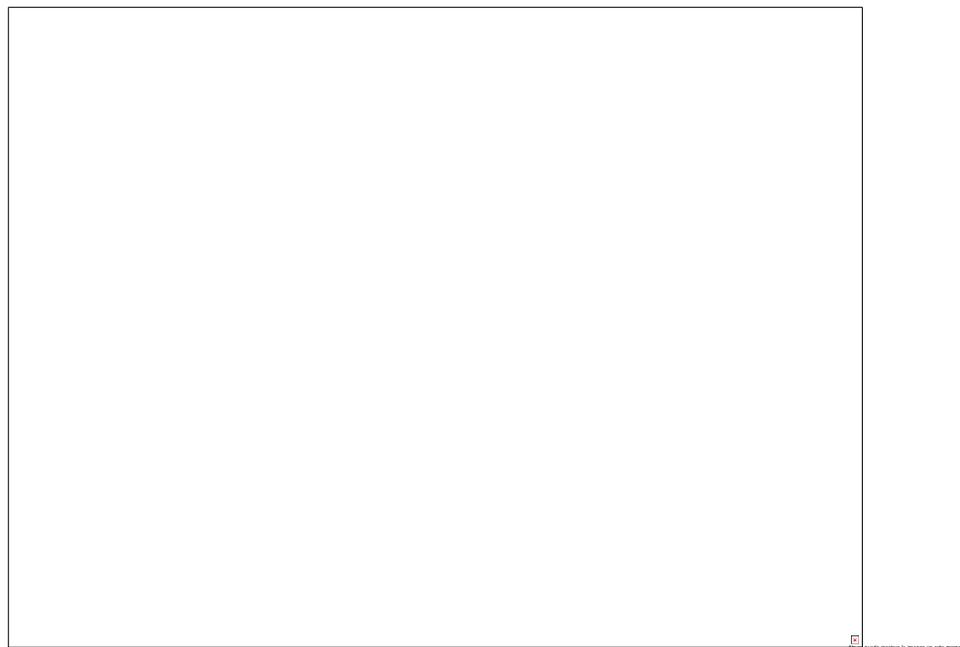


Figura 16 Medición del juego axial de los rines del pistón

Mediciones de las bielas

Realizamos la limpieza y la inspección de las bielas, para luego comprobar el ovalamiento del pie de biela, midiendo con el alexometro en sentido transversal y longitudinal, luego se comparó los diámetros tomados entre el bulón y el alojamiento del bulón en el pie de la biela.

Por su parte en la cabeza de biela se comprobó que en los casquillos no exista desplazamiento y conocida con los agujeros de engrase. Para luego comprobar el ovalamiento, colocando los semicojinetes en su posición y montando el sombrerete con un ajuste correspondiente a su par, comprobando que los semicojinetes estén fijos. Con el calibrador vernier calibramos en diámetro en sentido transversal y longitudinal, comprobando que el ovalamiento no sobrepase los 0.03 mm

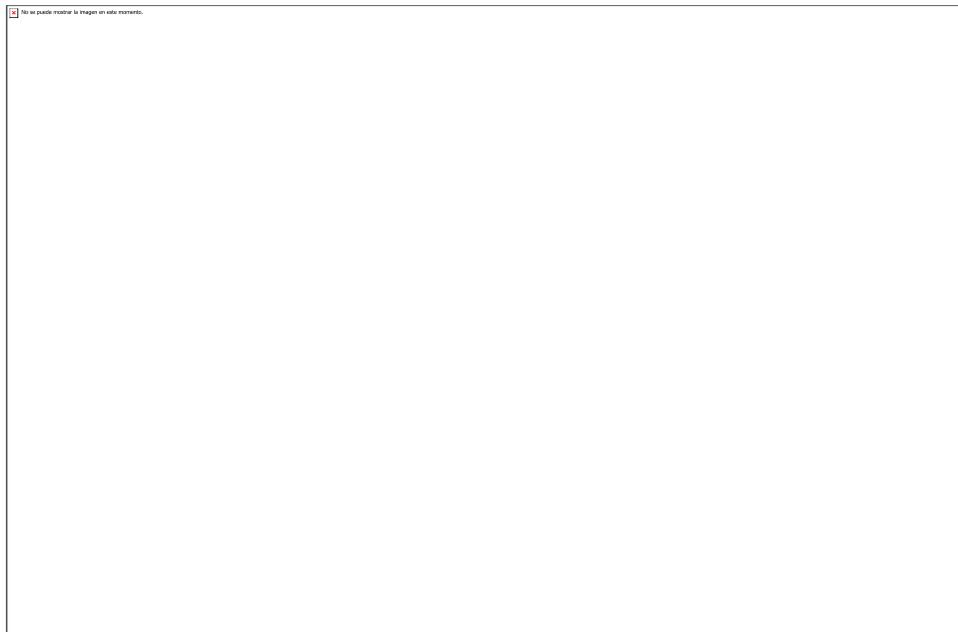


Figura 17 Medición de la cabeza del bulón

En la Figura 3.22 se muestra la manera de medir la cabeza de biela, utilizando el calibrador pie de rey con el calibrador de profundidades.

TABLA DE TOLERANCIAS Y VALORES MEDIOS PARA LA COMPROBACIÓN

Tolerancia y valores medios de comprobación

TOLERANCIA DE MEDIDAS Y VALORES MEDIOS DE LAS COMPROBACIONES

COMPROBACIONES	VALORES MEDIOS (mm)	MÁXIMOS (mm)
PISTONES		
Juego radial bulón-biela	0.01-0.03	0.08
Juego pistón-cilindro	0.02-0.05	0.10
SEGMENTOS		
Abertura entre puntas	0.20-0.50	0.80
Holgura lateral	0.01-0.05	0.10
BIELAS		
Ovalamiento (cabeza de la biela)	-	0.03
Juego radial con la muñequilla	0.05-0.06	0.15
Juego axial con la muñequilla	0.10-0.30	
CIGÜEÑAL		
Ovalamiento de los apoyos y muñequillas		0.04
Conicidad de apoyos y muñequillas		0.03
Límite de desgaste para rectificar		0.05
Juego radial	0.02-0.05	0.15
Juego axial	0.05-0.30	

Fuente: (Sanz Acabes, 2017, pág. 265)

Bibliografía

- Barros Bermeo, H. O., & Moran Castro, D. W. (2014). Reparacion de un motor de combustion interna 1.3 fire. Guayaquil , Guayas, Ecuador.
- CATERPILLAR. (s.f.). METROLOGIA, Instrumentos de medicion y usos.
- CATERPILLAR. (s.f.). METROLOGIA, Instrumentos de medicion y usos.
- Escudero, S., González, J., Rivas, J. L., & Suárez, A. (2011). *Motores*. MACMILLAN.
- Espejo Mora, E., & Hernández Albañil, H. (2017). *Análisis de fallas de estructuras y elementos mecánicos*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Giraldi, J. (1985). *motores de combustion interna*. Agroamerica.
- Marbán, R. M., & Pellecer, J. A. (2002). *METROLOGÍA PARA NO METRÓLOGOS*. OEA.
- Norbye, J. P. (1994). *Manual de sistemas full injection*. prentinece-hall hispanoamerica.
- Ramirez, H. I. (s.f.). Metrologia y reconocimiento de partes de un motor.
- salazar, j. (s.f.). *patiosdeautos.com*. Obtenido de patiosdeautos.com:
<https://www.patiodautos.com/general/la-historia-del-motor-de-combustion-interna/>
- Sanches, M. R. (2019). Tecnicas de mecanizado y metrologia.
- Sanches, M. R. (2019). *Tecnicas de mecanizado y metrologia* . Editorial Elearning.
- Sanz Acabes, S. (2017). *El motor de combustion interna*. Editex.
- Sanz, S. (2017). *El motor de combustion interna*. Editex.
- Sanz, S. (2017). *Motor de combustion interna*. editex.
- Saucedo, L., & Garcia , J. (s.f.). INSTRUMENTOS DE MEDICION MECÁNICA.