



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE 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**

TEMA:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DESGASTE DE BOCINES DE ALUMINIO Y
BRONCE PARA UN MOTOR DE ARRANQUE DE 12V DE UN VEHÍCULO AVEO,
ELABORADOS EN EL TALLER DE MANUFACTURA DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ.**

**AUTOR: BRYAN ALEXANDER CACHIMUEL TORRES
LUIS FERNANDO ZALME SEVILLANO**

DIRECTOR: ING. ERIK PAÚL HERNÁNDEZ RUEDA Msc.

IBARRA, FEBRERO 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 comparativo del desgaste de bocines de aluminio y bronce para un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, elaborados en el taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz.” presentado por los señores: Cachimuel Torres Bryan Alexander con número de cédula 100417913-9 y Zalme Sevillado Luis Fernando con número de cédula 040195311-2 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 11 días del mes de febrero del 2021

Atentamente

 Firmado electrónicamente por:
**ERIK PAUL
HERNANDEZ
RUEDA**

Ing. Hernández Rueda Erik Paúl 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:	100417913-9		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Bryan Alexander Cachimuel Torres		
DIRECCIÓN:	Cornelio y Velasco – Chaltura.		
EMAIL:	bacachimuel@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO		TELÉFONO MÓVIL:	0980016118
DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	040195311-2		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Luis Fernando Zalme Sevillano		
DIRECCIÓN:	José Nicolás Vacas y Juan de Dios Navas – Ibarra		
EMAIL:	lfzalmes@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO		TELÉFONO MÓVIL:	0988192032
DATOS DE LA OBRA			
TÍTULO:	Análisis comparativo del desgaste de bocines de aluminio y bronce para un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, elaborados en el taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz.		
AUTOR (ES):	Bryan Alexander Cachimuel Torres		
FECHA:	11 de febrero del 2021		
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO			
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO	<input type="checkbox"/> POSGRADO	
TITULO POR EL QUE OPTA	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ		
ASESOR/DIRECTOR	Ing. Hernández Rueda Erik Paúl Msc.		

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 11 días del mes de febrero del 2021

AUTORES:

Bryan Alexander Cachimuel Torres
100417913-9



Luis Fernando Zalme Sevillano
040195311-2

DEDICATORIA

El presente trabajo de grado es dedicado a Dios por brindarnos la sabiduría y constancia necesaria para cumplir nuestros propósitos, a nuestros padres que nos apoyan incondicionalmente en todos los aspectos de nuestras vidas y a todas las personas que aportaron con sus conocimientos para que el trabajo se realice con éxito.

Bryan Alexander Cachimuel Torres

Luis Fernando Zalme Sevillano

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiar en cada paso que damos en nuestras vidas siendo el apoyo y la fortaleza para superar los momentos difíciles.

Gracias a nuestros padres que debido a su apoyo incondicional son los motores que nos impulsan a cumplir nuestras metas y sueños más altos, por confiar en nosotros y creer en nuestras capacidades, gracias por los consejos y los valores inculcados que nos convierten en buenas personas y buenos profesionales.

Agradecemos a la Universidad Técnica del Norte por ser nuestro segundo hogar y brindarnos la oportunidad de recibir una educación de calidad en nuestra formación como profesionales. Un agradecimiento muy especial a nuestro tutor de trabajo de grado Ing. Paúl Hernández Msc. y de igual manera a nuestros asesores Dr. Fernando Ramírez e Ing. Carlos Mafla Msc. quienes con su guía, su paciencia y su aporte de conocimientos fueron indispensables para lograr terminar nuestro trabajo con éxito.

Bryan Alexander Cachimuel Torres

Luis Fernando Zalme Sevillano

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xv
ABSTRAC	xvi
INTRODUCCIÓN	xvii
CAPÍTULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 Justificación	1
1.3 Alcance	2
1.4 Antecedentes	3
1.5 Planteamiento del problema	5
1.6 Situación actual	5
1.7 MARCO TEÓRICO	6
1.8 Motor de arranque	6
1.8.1 Características del motor de arranque	6
1.8.1.1 Tensión nominal y potencia de los motores de arranque.	7
1.8.2 Descripción de componentes	7
1.8.3 Principio de funcionamiento	9
1.8.3.1 Campo magnético en una bobina	9
1.8.4 Elementos de desgaste	10
1.8.4.1 Estator	10
1.8.4.2 Inducido	11
1.8.4.3 Soporte lado colector	12
1.8.4.4 Relé de arranque	13
1.8.5 Tipos de motor de arranque	14
1.8.5.1 Motor de arranque por contactor y horquilla	14
1.8.5.2 Motor de arranque por contactor, horquilla y reductora	14
1.8.5.3 Motor de arranque por inercia o bendix	14
1.9 Materiales para la elaboración de probetas de bocines.	15
1.9.1. Material	16

1.9.1.1 Función e importancia	16
1.9.2 Aluminio	16
1.9.2.1 Propiedades y características	16
1.9.2.2 Tipos	17
1.9.2.3 Composición química de aleaciones	18
1.9.3 Bronce	18
1.9.3.1 Propiedades y características	18
1.9.3.2 Tipos	19
1.10 Fricción y desgaste	21
1.10.1 Factores que influyen en la fricción	22
1.10.1.1 Superficie	22
1.10.1.2 Carga	23
1.10.1.3 Contacto	23
1.10.1.4 Velocidad	23
1.10.1.5 Esfuerzo cortante o de desgaste	23
1.10.2 Tipos de fricción	24
1.10.2.1 Estática	24
1.10.2.2 Dinámica	24
1.10.2.3 Diferencia entre fricción dinámica y estática	24
1.10.3 Ventajas y desventajas de la fricción	25
1.10.3.1 Ventajas	25
1.10.3.2 Desventajas	25
1.10.4 Desgaste de materiales	25
1.10.4.1 Desgaste adhesivo	26
1.10.4.2 Desgaste abrasivo	26
1.11 Procesos para torneado	27
1.11.1 Componentes	27
1.11.2 Características y aplicaciones	28
1.11.3 Materiales adecuados para torneado	29
1.11.3.1 Material para maquinado	29
1.11.3.2 Clasificación ISO/DIN para herramientas de corte	31
1.11.4 Recomendaciones para diseño	33
CAPÍTULO II	34
2. MATERIALES Y MÉTODOS	34
2.1 Materiales	34

2.1.1 Motor de arranque	34
2.1.1.1 Curva característica del motor de arranque	35
2.1.2 Estación de torno	35
2.1.2.1 Guía rápida del funcionamiento del equipo	36
2.1.2.2 Mantenimiento del torno	37
2.1.3 Material para maquinado	38
2.1.4 Aluminio al silicio 3xx.x	39
2.1.5 Bronce fosfórico S.A.E 640	40
2.2 Métodos	42
2.2.1. Encuesta	42
2.2.1.1. Determinación de la muestra	42
2.3 Metodología del procedimiento	43
2.3.1 Metodología de diagnóstico para el análisis de desgaste en probetas de bocines.	43
2.3.2 Incertidumbre de medida	44
2.3.3 Obtención dimensionamiento de probetas de bocines	45
2.3.4 Fabricación de las probetas de bocines	46
2.3.5 Tolerancias en el proceso de fabricación	47
2.3.6 Rugosidad en el proceso de fabricación	47
2.4 Pruebas de desgaste en probetas de bocines	50
2.4.1 Procedimiento para la medición de desgaste	50
2.4.1.1 Ovalamiento	50
2.4.1.2 Conicidad	51
2.4.2 Comparación de datos	51
CAPÍTULO III	52
3. RESULTADOS	52
3.1 Puesta a punto del torno	52
3.2 Dimensionamiento de bocín	58
3.3 Fabricación de probetas	59
3.4 Pruebas de desgaste en probetas de bocines	60
3.5 Mediciones de desgaste en probetas	62
3.5.1 Bocín Bronce Fosfórico SAE 640	63
3.5.1.1 Ovalamiento - 6 meses	63
3.5.1.2 Conicidad - 6 meses	64
3.5.1.3 Ovalamiento – 12 meses	65

3.5.1.4 Conicidad – 12 meses	65
3.5.2 Bocín Aluminio al Silicio 3xx.x	66
3.5.2.1 Ovalamiento - 6 meses	66
3.5.2.2 Conicidad – 6 meses	67
3.5.2.3 Ovalamiento – 12 meses	68
3.5.2.4 Conicidad - 12 meses	68
3.6 Análisis de resultados.	69
3.6.1 Desgaste – 6 meses	69
3.6.2 Desgaste – 12 meses	71
CAPÍTULO IV	74
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
4.1 Conclusiones	74
4.2 Recomendaciones	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
ANEXOS	82

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Figura 1.1	Partes del motor de arranque.....	8
Figura 1.2	Generación de un campo magnético.	10
Figura 1.3	Comprobación de continuidad de bobinas.	11
Figura 1.4	Comprobación de aislamiento en bobinas.	11
Figura 1.5	Comprobación aislamiento.	12
Figura 1.6	Comprobación continuidad.	12
Figura 1.7	Soporte lado colector.	13
Figura 1.8	Componentes del relé.....	13
Figura 1.9	Comprobación continuidad, bobinas relé.....	14
Figura 1.10	El área real de contacto entre las superficies.	22
Figura 1.11	Metal finamente mecanizado.	22
Figura 1.12	Coefficiente de rozamiento estático.	24
Figura 1.13	Coefficiente de rozamiento dinámico.....	25
Figura 1.14	Desgaste adhesivo.	26
Figura 1.15	Desgaste Abrasivo.....	26
Figura 1.16	Operaciones de torno	27
Figura 1.17	Herramientas de corte para torno.	30
Figura 2.1	Curva característica del motor de arranque.....	35
Figura 2.2	Cuchilla de widia para exteriores y corte.....	38
Figura 2.3	Cuchilla de widia para interiores.	39
Figura 2.4	Despiece motor de arranque Aveo.	45
Figura 2.5	Medición diámetro exterior.....	45
Figura 2.6	Dimensionamiento del bocín en SolidWorks.	46
Figura 2.7	Material para maquinado.	48
Figura 2.8	Colocación de broca en el contrapunto.....	49
Figura 2.9	Alineación del mandril.....	49
Figura 2.10	Medición de ovalamiento.....	50
Figura 2.11	Medición de conicidad.	51
Figura 3.1	Seguro caja Norton.....	52
Figura 3.2	Seguro de contrapunto.	53

Figura 3.3 Motor eléctrico.....	53
Figura 3.4 Bomba hidráulica.	54
Figura 3.5 Switch de encendido.	54
Figura 3.6 Rodamientos.	55
Figura 3.7 Condensador.	55
Figura 3.8 Bandas de transmisión.	56
Figura 3.9 Drenaje.....	56
Figura 3.10 Contra punto.....	57
Figura 3.11 Switch de emergencia.	57
Figura 3.12 Medición largo del bocín.	58
Figura 3.13 Fabricación de probetas en el torno.	59
Figura 3.14 Probetas de aluminio y bronce elaboradas.....	59
Figura 3.15 Tabulación pregunta 1.....	60
Figura 3.16 Tabulación pregunta 2.....	60
Figura 3.17 Tabulación pregunta 3.....	61
Figura 3.18 Tabulación pregunta 4.....	61
Figura 3.19 Pruebas de desgaste.....	62
Figura 3.20 Medición ovalamiento.....	62
Figura 3.21 Medición conicidad.....	63
Figura 3.22 Comparación de desgaste Bronce Fosfórico SAE 640 con relación al Aluminio al Silicio 3xx.x - 6 meses.	71
Figura 3.23 Comparación de desgaste Bronce Fosfórico SAE 640 con relación al Aluminio al Silicio 3xx.x - 12 meses.	73

ÍNDICE DE TABLAS

TABLAS NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Tabla 1.1	Potencia para arrancar un motor térmico.....	7
Tabla 1.2	Tipos de propiedades de los materiales	15
Tabla 1.3	Nomenclatura de aleaciones de aluminio forjado y fundido.	17
Tabla 1.4	Composición química de aleaciones.	18
Tabla 1.5	Aleaciones de bronce para uso común.	20
Tabla 1.6	Materiales para herramienta de corte.....	30
Tabla 1.7	Clasificación ISO/DIN.	31
Tabla 2.1	Especificaciones Técnicas del motor de arranque.....	34
Tabla 2.2	Especificaciones técnicas Torno TIDA.	36
Tabla 2.3	Tabla de funcionamiento del equipo.	37
Tabla 2.4	Mantenimiento de torno y revisiones necesarias.....	37
Tabla 2.5	Composición química aleación Al-MgSI en AW-6060.	39
Tabla 2.6	Propiedades físicas aleación Al-MgSI en AW-6060.....	40
Tabla 2.7	Composición química Bronce Fosfórico SAE 640.	40
Tabla 2.8	Propiedades mecánicas Bronce Fosfórico SAE 640.	41
Tabla 2.9	Características Técnicas Bronce Fosfórico SAE 640.	41
Tabla 2.10	Condiciones de trabajo Bronce Fosfórico SAE 640.....	41
Tabla 2.11	Tolerancias en máquinas y herramientas.....	47
Tabla 2.12	Rugosidad promedio - Ra μm	48
Tabla 3.1	Tabla de medidas.	58
Tabla 3.2	Probetas Bronce Fosfórico - Ovalamiento en 6 meses de trabajo.	64
Tabla 3.3	Probetas Bronce Fosfórico - Conicidad en 6 meses de trabajo.	64
Tabla 3.4	Probetas Bronce Fosfórico- Ovalamiento en 12 meses de trabajo.	65
Tabla 3.5	Probetas Bronce Fosfórico- Conicidad en 12 meses de trabajo.	66
Tabla 3.6	Probetas Aluminio al Silicio – Ovalamiento en 6 meses de trabajo.....	67
Tabla 3.7	Probetas Aluminio al Silicio – Conicidad en 6 meses de trabajo.....	67
Tabla 3.8	Probetas Aluminio al Silicio – Ovalamiento en 12 meses de trabajo.....	68
Tabla 3.9	Probetas Aluminio al Silicio – Conicidad en 12 meses de trabajo.....	69

Tabla 3.10 Comparación de medidas – 6 meses.....	69
Tabla 3.11 Comparación de promedios – 6 meses.	70
Tabla 3.12 Comparación de medidas – 12 meses.....	72
Tabla 3.13 Comparación de promedios – 12 meses.	73

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
Anexo I	Puesta a punto del torno marca Tida de banco modelo TD-5AH	83
Anexo II	Dimensionamiento de bocín.....	84
Anexo III	Elaboración de probetas de bocín.....	86
Anexo IV	Pruebas de desgaste	87
Anexo V	Comparación de resultados	88

RESUMEN

El siguiente trabajo investigativo se ejecutó con la finalidad de realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos de las pruebas de desgaste entre bocines de aluminio y bronce para un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, elaborados en la estación de torno del taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz. Durante el desarrollo de este proyecto se consideró como referencia varias fuentes bibliográficas que permitieron determinar los parámetros de dimensionamiento, construcción, pruebas de desgaste y comparación de resultados entre los ensayos de cada material. El dimensionamiento del bocín original se desarrolló con la ayuda de un micrómetro y un pie de rey con precisión de 0.01mm y posteriormente se presentó el diseño en el programa SolidWorks. Para la fabricación de probetas de bocines se utilizó un torno de banco de marca TIDA modelo TD-5AH con una tolerancia de $\pm 20\mu\text{m}$, el cual fue previamente puesto a punto para su correcto funcionamiento. Una vez finalizada la elaboración de las probetas de bocín se procedió a realizar las pruebas de desgaste reemplazando el bocín original por una probeta en el motor de arranque y efectuar 1008 arranques que corresponde a seis meses de funcionamiento del motor y 2016 arranques que respresentan 12 meses. Cada arranque tuvo una duración de dos segundos con un intervalo de tiempo de 30 minutos cada 100 arranques. Para la comparación de los resultados fue necesario realizar pruebas de medidas de ovalamiento y conicidad en las probetas con el fin de determinar el desgaste presente a un tiempo determinado de funcionamiento. Gracias a este estudio se pudo apreciar que el Bronce Fosfórico SAE 640 en un periodo de trabajo de 6 meses presentó un desgaste de 0.006mm y en 12 meses exhibió un desgaste de 0.02mm con respecto a la medida original mientras que el Aluminio al Silicio 3xx.x en un período de trabajo de 6 meses expuso un desgaste de 0.02mm y en 12 meses manifestó un desgaste de 0.045mm con respecto a la medida original, por lo cual se determina que el Bronce Fosfórico SAE 640 posee una mayor resistencia al desgaste en comparación con el Aluminio al Silicio 3xx.x.

ABSTRAC

The following research work was carried out in order to carry out a comparative analysis with the results obtained from the wear tests between aluminum and bronze horns for a 12V starter motor of an Aveo vehicle, elaborated in the lathe station of the workshop of Manufacturing of the Automotive Engineering career. During the development of this project, several bibliographic sources were considered as references that allowed determining the parameters of dimensioning, construction, wear tests and comparison of results between the tests of each material. The dimensioning of the original horn was developed with the help of a micrometer and a caliper with a precision of 0.01mm and the design was subsequently presented in the SolidWorks program. A TIDA TD-5AH bench lathe with a tolerance of $\pm 20\mu\text{m}$ was used to manufacture the horn specimens, which was previously set up for its correct operation. Once the preparation of the horn specimens was finished, the wear tests were carried out, replacing the original horn with a test piece in the starter motor and carrying out 1008 starts corresponding to six months of engine operation, 2016 starts representing 12 months. Each start lasted two seconds with a 30 minute time interval after every 100 starts. In order to compare the results, it was necessary to carry out tests of oval and taper measurements on the specimens in order to determine the wear present at a given operating time. Thanks to this study, it was possible to see that the SAE 640 Phosphor Bronze in a work period of 6 months presented a wear of 0.006mm and in 12 months it exhibited a wear of 0.02mm with respect to the original measure while the Silicon Aluminum 3xx .x in a work period of 6 months showed a wear of 0.02mm and in 12 months it showed a wear of 0.045mm with respect to the original measurement, for which it is determined that the SAE 640 Phosphor Bronze has a greater resistance to wear. compared to Silicon Aluminum 3xx.x.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo de investigación se desarrolló un análisis comparativo con los resultados obtenidos de las pruebas de desgaste entre bocines de Aluminio y Bronce para un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, ya que por medio de los valores resultantes se logró determinar que material presenta mayor resistencia al desgaste provocado una vez sometido al fenómeno de fricción, la manera de aumentar el tiempo de vida útil del componente y evitar daños en el sistema relacionados con este problema.

En la industria automotriz una problemática considerable es la presencia de averías y desgaste en los componentes, debido a la presencia de fricción puesto que al querer desplazar un cuerpo que está en contacto con otro se presenta una fuerza que se opone a su deslizamiento (Pérez, 2017). Por este motivo se ha desarrollado técnicas y métodos para evitar el fenómeno de desgaste, un bocín es un cilindro hueco que va instalado entre un eje y sus apoyos mismo que tiene la misión de ser el elemento de sacrificio o desgaste al soportar diferentes esfuerzos para aumentar la vida útil de los elementos más importantes de la máquina (Herbert L. Nichols, 1993).

Para dar solución a esta problemática se analizó los resultados de las pruebas realizadas en las probetas de bocín de Aluminio y Bronce, con el fin de determinar que material es la mejor opción en la fabricación, elevando el tiempo de vida útil del componente y a su vez, evitar daños en los demás elementos del sistema.

CAPÍTULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un análisis comparativo con los resultados obtenidos de las pruebas de desgaste entre bocines de aluminio y bronce para un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, elaborados en la estación de torno previamente restaurada del taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz.

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Puesta a punto del torno presente en el taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz.
- Obtener las dimensiones con las cuales se realizará los bocines para las pruebas de desgaste.
- Elaborar probetas de bocines de aluminio y bronce para un motor de arranque.
- Realizar las pruebas de desgaste en el motor de arranque a los bocines elaborados.
- Comparar los resultados obtenidos en las pruebas realizadas.

1.2 JUSTIFICACIÓN

En la industria automotriz se presentan grandes pérdidas económicas en el ámbito del transporte debido al fenómeno de desgaste por fricción, rápido deterioro de los componentes y reducción de su vida útil.

Actualmente, la industria automotriz en su afán de ser eficiente en un mercado de transporte competitivo observa la necesidad de reducir los procesos de desgaste por fricción en los componentes, y por ello se evalúa los materiales que aportan a este fin. En este sentido, se podrá identificar que material se presta mejor para el trabajo que se va a realizar y que tipo de desgaste debe soportar, también se presenta una alternativa de mejorar e incremento de vida útil de los elementos del equipo.

“El proyecto de investigación se ampara al Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 toda una Vida de Ecuador, en el Eje 2 Economía al servicio de la sociedad en el objetivo 5 Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria, 5.6 Promover la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, para impulsar el cambio de la matriz productiva mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades” (Gobierno Nacional del Ecuador, 2017, p.80).

Por todo lo mencionado, se establece la justificación plena de la investigación, ya que la misma propone evaluar los efectos del desgaste en un bocín de aluminio y uno de cobre de un motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, en donde el estudio se centra en comparar la eficiencia de estos materiales frente al desgaste producido por fricción.

1.3 ALCANCE

La estación de torno será adecuada para presentar un nivel de funcionamiento óptimo y en un área segura de trabajo, con el fin de elaborar bocines de Bronce Fosfórico SAE 640 y Aluminio al Silicio 3xx.x similares a los bocines de fábrica que posee el motor de arranque de 12V de un vehículo Aveo, esto se logrará obteniendo las dimensiones exactas de los bocines de fábrica, para posteriormente realizar su fabricación con los materiales propuestos para el estudio.

Una vez elaborados los bocines se procedió a reemplazar la pieza original por la fabricada en el motor de arranque de 12V del vehículo Aveo, y a su vez, montar en la maqueta de pruebas y ejecutar 1008 arranques que corresponde a seis meses de funcionamiento del motor y 2016 arranques que representan a 12 meses. Cada arranque tendrá una duración de dos segundos con un intervalo de tiempo de 30 minutos por cada 100 arranques para evitar el calentamiento en la probeta de bocin y la descarga de la batería. Para realizar la comprobación de desgaste de materiales se determinó 20 probetas de cada elemento las cuales fueron divididas en la mitad para cada periodo de tiempo, el procedimiento se realizó sin carga para conservar el tiempo de vida útil de los demás elementos del sistema de encendido del vehículo, ejecutado en iguales condiciones para cada tipo de material.

Con los resultados obtenidos en las pruebas de desgaste se procedió a realizar un análisis comparativo y determinar que material es más resistente.

1.4 ANTECEDENTES

A lo largo de la evolución industrial se ha incrementado la utilización de piezas que eviten el desgaste al presentar fricción entre dos componentes de una maquina o equipo. “Un buje o bocín es un cilindro hueco que se instala entre un eje y sus apoyos o entre un engrane, polea o rueda y tiene la misión de ser el elemento de sacrificio al soportar diferentes esfuerzos para aumentar la vida útil de los elementos más importantes de la máquina” (Herbert L. Nichols, 1993, p.51). Para la fabricación de un bocín o buje se puede utilizar diferentes aleaciones, en la presente investigación el aluminio y bronce son los materiales seleccionados.

“La producción del Aluminio parte desde la extracción del mineral bauxita y su proceso de transformación” (Andrade, Veliz & Medina, 2019, p.61). Para que el aluminio pueda ser utilizado necesita ser debidamente aleado, por ello tiene que pasar por dos procesos de transformación, al primero se lo conoce con el nombre de Bayer, en el cual el resultado es un metal denominado “Alúmina” para posteriormente obtener el aluminio metálico mediante la electrólisis.

Debido a las propiedades físicas, químicas y mecánicas que el aluminio posee es un metal adaptable y útil para las diferentes áreas de la industria, desde la construcción, minería, transporte hasta la industria aeronáutica.

En la industria automotriz los componentes como el tambor de freno, el cilindro, las camisas de cilindros, los pistones, los anillos de inserción de los pistones se fabrican con compuestos de aluminio donde el desgaste por deslizamiento en seco es un proceso predominante (Vijaya , Sundarrajan, Subba & Ravindra, 2018).

Se elige el aluminio para la fabricación de piezas para vehículos debido a su alta rigidez, y resistencia al desgaste. Además al aluminio se lo identifica por ser el único metal que entrega un alto nivel de dureza con bajo peso.

En otro aspecto los Compuestos de Matriz de Aluminio y Metal (MMC) se han convertido en materiales de elección en aplicaciones tales como aeroespacial, construcción, marina y automotriz. En algunas de estas aplicaciones, el desgaste por deslizamiento en seco es frecuente (Idusuyi & Olayinka, 2019).

La utilización de los Compuestos de Matriz de Aluminio y Metal (MMC) se debe a su personalizada combinación de propiedades que tiene como objetivo el incrementar la relación resistencia/peso además de la resistencia a la fluencia. La comprobación de la mejora en las propiedades de los MMC de Al se realiza mediante factores que afecten directamente al desgaste, como son la distancia y la velocidad de deslizamiento en conjunto con la carga aplicada y finalmente las partículas que se encuentren reforzando el material (Rivera, 2019).

Para el caso del bronce, se lo define como una aleación de cobre y estaño donde es posible encontrar algunos tipos de impurezas tales como hierro, níquel, entre otros. De acuerdo con el mineral del cual los metales procedan, existe la posibilidad de agregar una cantidad reducida de cinc, fósforo, y otros elementos, con la intención de que la aleación mejore sus características en los aspectos de acritud y resistencia a la corrosión (Zárraga, 2018).

La denominación bronce (cobre-estaño), al descubrir nuevas aleaciones que podrían ser adaptadas a los bronce originales y de esta manera incorporar nuevos elementos para realizar mejoras en sus propiedades, se denominó al bronce de acuerdo con el elemento añadido, como tal, se realizó la designación de bronce al aluminio o bronce al berilio, los cuales no tenían la presencia de estaño en su composición.

Para determinar el desgaste en seco que puede sufrir una aleación de bronce frente a un acero AISI 52100 incluyendo tanto la delaminación (separación de capas) como el desgaste adhesivo que puede sufrir el material, se realizó la combinación de bronce-Cr-Ag y los resultados obtenidos fueron: Las adiciones de Cr y Ag mejoran la resistencia al desgaste y las propiedades lubricantes de los compuestos simultáneamente (Jin, Qiao & Zhu 2016).

El Cr ayuda al material a que el corte de su superficie disminuya notablemente y la adición de Ag provoca que la fricción se debilite y el nivel de desgaste baje, además el exceso de Cr y Ag puede provocar que las propiedades mecánicas de la aleación se vean afectadas.

Otro estudio del desgaste por deslizamiento en seco de bronce con una aleación diferente se denominó bronce de NiAl fundido, se realizó de acuerdo con los procesos de fricción y agitación cuyos resultados fueron: La tasa de desgaste en condiciones de fundición como de Superficie procesada por fricción (FSP), a alta temperatura se encontró más baja que durante la temperatura ambiente (Thapliyal & Dwivedi, 2016). Al realizar una comparación de desgaste entre la FSP y la aleación de fundición se verificó que la FSP posee una tasa de desgaste mucho más baja.

1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El desgaste producido debido a la presencia de fricción es una de las principales causas que provoca que los componentes de un sistema sean reemplazados. Este desgaste puede variar por varios factores como el material que se utiliza, la lubricación empleada y el desconocimiento para realizar el mantenimiento preventivo de los componentes. El motor de arranque presenta distintos elementos que están expuestos directamente a la fricción, dentro de estas piezas encontramos los bocines, estos elementos al presentar un nivel de desgaste considerable provocan un arranque defectuoso haciendo que el inducido empiece a chocar con la bobina y no se genere un buen campo magnético. Además, el motor de arranque al no estar fijo pierde su fuerza, por lo tanto, el vehículo no va a arrancar. Al no identificar el problema se suele dar arranques consecutivos, esto genera un problema adicional el cual es el agotamiento de la batería. El desgaste de los bocines es inevitable por lo que se presenta la necesidad de conocer que material sería la mejor opción para utilizar y cuál sería el tiempo de vida útil del bocín.

1.6 SITUACIÓN ACTUAL

A nivel mundial una de las principales problemáticas en la industria es el desgaste de materiales debido a factores como la fricción y la corrosión. Con el pasar del tiempo se ha presentado la necesidad de realizar diferentes pruebas para evaluar el comportamiento de los materiales frente al desgaste y así conocer el tiempo de vida útil del material a una determinada jornada de trabajo, la temperatura que puede soportar y

las cargas máximas a las que puede ser sometido. Con esto se logra predecir y anticipar posibles fallos o averías, además programar tareas de mantenimiento preventivo que puedan ayudar a evitar problemas mayores.

En la industria automotriz se estima que las averías debido al desgaste de piezas y componentes provocan que el vehículo presente fallas en su funcionamiento, por ello, es necesario considerar que existe desgaste en los componentes del automóvil y al trabajar sin ninguna precaución el resultado será una pérdida económica cada vez más significativa ya que los daños en el vehículo serán más graves.

1.7 MARCO TEÓRICO

1.8 MOTOR DE ARRANQUE

Debido a la energía que se genera dentro de los cilindros los motores de combustión interna tienen la capacidad de funcionar de forma autónoma, ya sea en ralentí o a un régimen variable dependiendo de la carga a la que se encuentre. Cuando el motor térmico se encuentra parado es necesario una fuente de energía que logre alcanzar un régimen de funcionamiento mínimo, a éste se le conoce con el nombre de motor de arranque (Piedrahita, Valencia & Jaramillo, 2020).

El motor de arranque es conocido como el componente que transforma la energía eléctrica que proporciona la batería de un vehículo en energía mecánica a través de un eje, que mueve el motor térmico mediante un sistema de engranajes piñón-corona (Gutiérrez, 2017).

1.8.1 CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR DE ARRANQUE

La característica principal que se debe tener en cuenta en el caso de los motores de arranque es la tensión nominal a la cual trabaja, además de la potencia nominal y a su vez la máxima potencia que se absorbe en el arranque, con estos tres aspectos se logra determinar la tensión que existe en los bornes y la capacidad que debe tener el acumulador del vehículo (C. E. M. Torres, 2016).

El motor de arranque necesita una potencia mínima de funcionamiento la cual viene establecida por la siguiente fórmula.

$$W = W_v + W_a$$

Fuente: (C. E. M. Torres, 2016)

Dónde:

W: Potencia mínima del motor

W_v: Potencia para arrancar el motor

W_a: Potencia consumida por el motor de arranque

1.8.1.1 Tensión nominal y potencia de los motores de arranque.

Se denomina tensión nominal de un motor de arranque a aquella tensión de alimentación que no debe ser superada para un funcionamiento normal. Para el caso de vehículos, la tensión nominal generalmente es de 12 V y para el caso de turismos y pequeños vehículos industriales la tensión nominal suele ser de 24 V (la obtención de 24 V se realiza conectando dos acumuladores en serie) (Gutiérrez, 2017).

Tabla 1.1 Potencia para arrancar un motor térmico.

Vehículo	Potencia (CV)	Potencia (kW)
Ligeros	0,5-1	0,4-0,8
Medios	1-3	0,8-2,2
Pesados	3-6	2,2-5

Fuente: (Gutiérrez, 2017)

En la tabla 1.1 se puede identificar la potencia necesaria para poner en marcha al motor térmico de acuerdo con el tipo de vehículo.

1.8.2 DESCRIPCIÓN DE COMPONENTES

Estructura de un motor de arranque convencional

Motor eléctrico (E): Su función es transformar la energía eléctrica proveniente de la batería en un giro.

Conjunto piñón (P): Transmite el giro que se genera en el motor eléctrico hasta el cigüeñal por medio del volante de inercia.

Contacto (C): Hace la función de relé al reducir la caída de tensión entre el motor eléctrico y la batería, al mismo tiempo es el encargado de desconectar y conectar el piñón con el volante de inercia (Calsina, 2008).

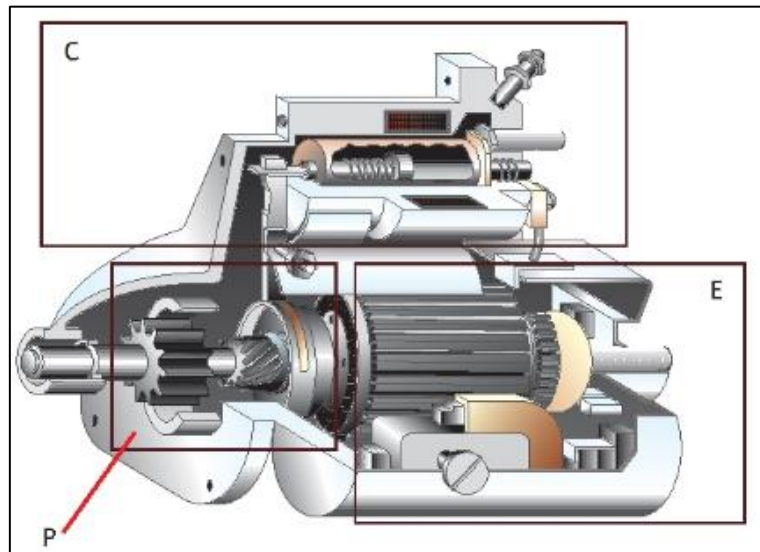


Figura 1.1 Partes del motor de arranque.

(Calsina, 2008)

A continuación, se definen algunos de los elementos más importantes del motor de arranque.

Carcasa: Dentro de la carcasa se produce el movimiento del inducido o rotor, está constituida por un material metálico de acero con un bajo contenido en carbono por donde se produce el cierre del circuito magnético.

Rotor o Inducido: Se define como la parte móvil del motor de arranque en el cual se incorpora un bobinado, un tambor y un colector.

Bobinas: Cableado de cobre que se enrolla a la carcasa y que se encarga de crear el campo magnético.

Escobillas: Cumplen la función de transmitir la corriente eléctrica hacia el inducido por medio del colector.

Soporte lado colector: Este elemento es utilizado como soporte del eje inducido por medio de un cojinete de bronce, además es utilizado como cierre del conjunto motor de arranque por uno de sus extremos.

Soporte lado de accionamiento: Consta de un cojinete de bronce para servir como apoyo al eje del inducido con fin de que gire libremente, está fabricado de una fundición de acero o aluminio, el diseño de este soporte se encuentra condicionado ya que es la unión al motor térmico por lo que sus formas son muy diversas.

Relé de arranque o interruptor: Se encuentra incorporado en el circuito eléctrico del motor de arranque, se ubica entre el motor y la batería, la función que realiza este elemento es cerrar el circuito del motor para su funcionamiento o puesta en marcha.

Piñón de engrane: Posee pocos dientes y va montado en estriado del inducido, la función de este elemento es transmitir el par de giro generado por el motor de arranque, hacia la cinta dentada del volante de inercia del motor de combustión interna (Andrade, 2014).

1.8.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

La base del principio de funcionamiento de un motor de arranque se encuentra en generar la unión piñón-corona del motor de arranque y el motor térmico de combustión interna.

En la estructura del motor de arranque se encuentra un núcleo magnético giratorio denominado rotor el cual es alimentado de la energía producida por la batería del vehículo, el rotor al ser alimentado genera un campo magnético, el cual provoca un efecto de palanca sobre el piñón del motor de arranque logrando el acoplamiento del piñón con el volante de inercia del motor de combustión interna dando como resultado la puesta en marcha del mismo (Ariza, 2012).

1.8.3.1 Campo magnético en una bobina

“Siempre que hay un flujo de corriente a través de un conductor existe un campo magnético en torno a él, y la dirección de este campo depende del sentido de la corriente eléctrica” (ASOCAE, 2013, p.5).

El campo magnético posee dirección e intensidad y las líneas de fuerza que se generan están concentradas cerca del conductor, a medida que la distancia de las líneas de fuerza aumenta en relación con el conductor, el campo magnético disminuye.

El campo magnético de un conductor se extiende a lo largo de toda su longitud y no se limita a un solo plano. Al aumentar el número de vueltas del conductor (espiras), se incrementa también el número de líneas de fuerza, dando como resultado un imán con mayor fuerza. De igual forma al elevar la corriente que circula por el cable de la bobina incrementará la fuerza del campo magnético.

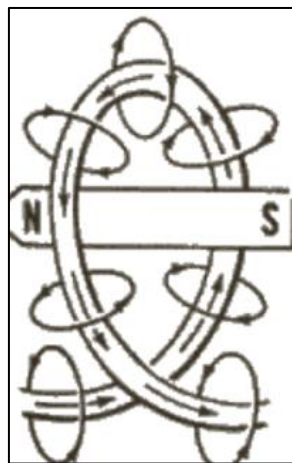


Figura 1.2 Generación de un campo magnético.

(ASOCAE, 2013)

1.8.4 ELEMENTOS DE DESGASTE

El motor de arranque presenta algunos elementos de desgaste a los cuales se puede realizar una verificación de funcionamiento una vez que el motor este desmontado del vehículo. A continuación, se detalla la forma de comprobación de los elementos de desgaste.

1.8.4.1 Estator

Para este elemento se necesita comprobar la continuidad de las bobinas conductoras y su aislamiento a masa.

Continuidad: Se coloca el multímetro en la zona de ohmios, se realiza la medida y se compara con los valores del fabricante, además se debe escuchar un sonido agudo

proveniente del multímetro que comprueba que existe continuidad entre las espiras y masa.

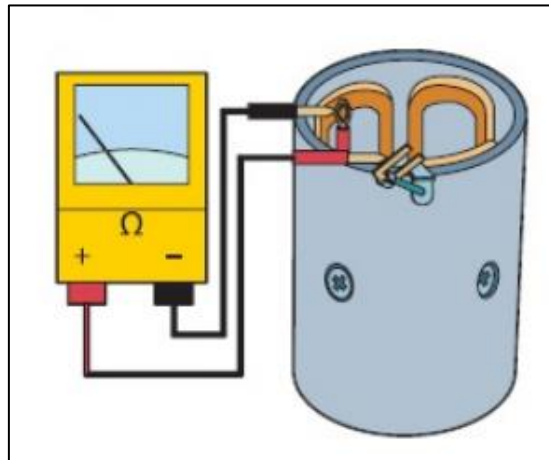


Figura 1.3 Comprobación de continuidad de bobinas.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

Aislamiento: Se coloca una punta del multímetro en la bobina y la otra punta en la carcasa y el resultado tiene que ser un circuito abierto y no debe escucharse nada.

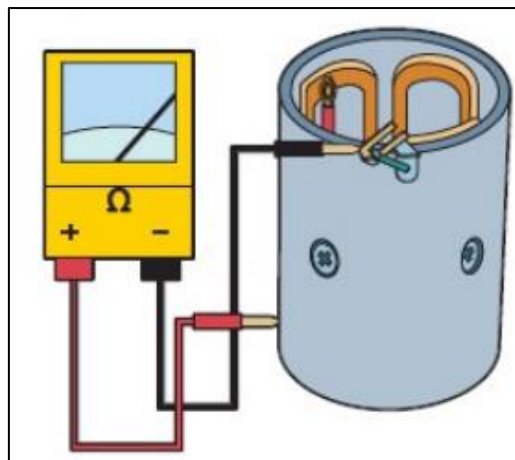


Figura 1.4 Comprobación de aislamiento en bobinas.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

1.8.4.2 Inducido

En las comprobaciones mecánicas se encuentran:

- Apoyo y excentricidad en el eje,
- Estado del estriado y del colector.

Para las pruebas eléctricas se debe tomar en cuenta el aislamiento y continuidad.

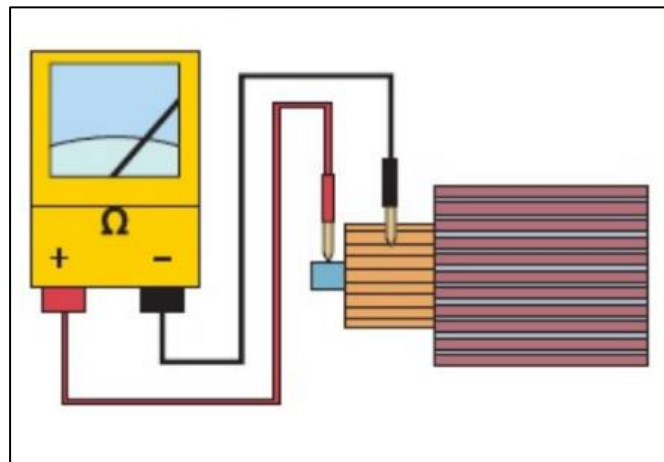


Figura 1.5 Comprobación aislamiento.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

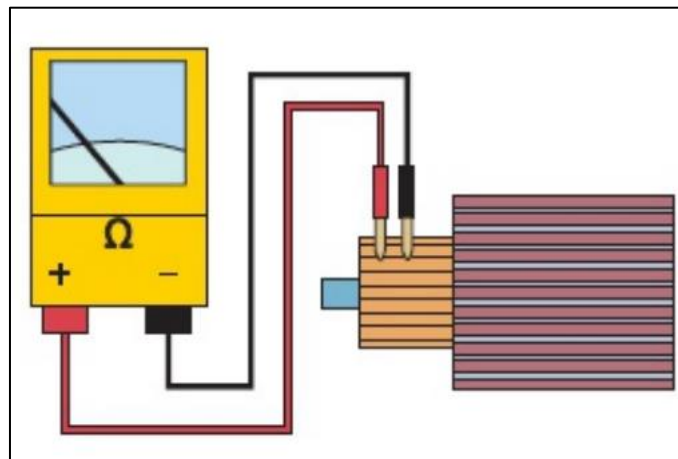


Figura 1.6 Comprobación continuidad.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

1.8.4.3 Soporte lado colector

Para la comprobación de este elemento es necesario tomar en cuenta algunos factores como son:

- Estado del cojinete y de los muelles.
- Conexiones eléctricas, dimensiones y desplazamiento de las escobillas.
- Asiento de las escobillas en el colector.
- Aislamiento a masa de porta escobillas.

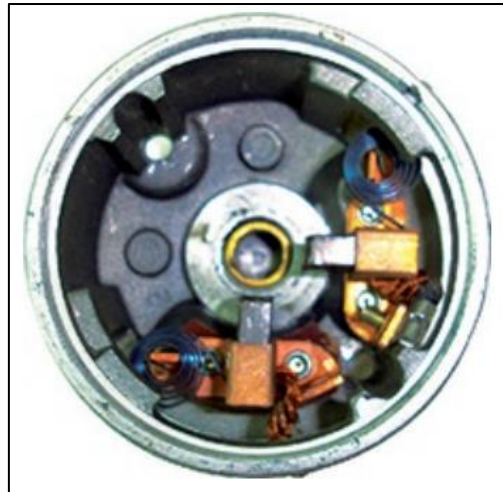


Figura 1.7 Soporte lado colector.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

1.8.4.4 Relé de arranque

El relé de arranque cumple la función de redirigir la energía de la batería hacia el motor para que comience a girar. Esta pieza permite completar el circuito de encendido y apagado del vehículo por medio del accionamiento de la llave de contacto.

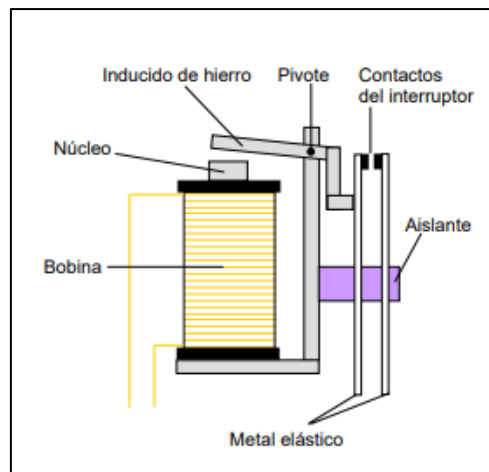


Figura 1.8 Componentes del relé.

(Sanchez, 2017)

Un relé es un interruptor accionado por un imán. Este elemento está formado por un núcleo y rodeado por una bobina de hilo de cobre (figura 1.8). Cuando una corriente eléctrica circula por la bobina el núcleo se magnetiza a causa del campo magnético que se genera en la bobina convirtiéndose en un imán; a mayor número de vueltas de la bobina la intensidad de corriente se eleva incrementando la fuerza del imán. Al dejar de

pasar la corriente por la bobina el campo magnético desaparece y el núcleo deja de ser un imán (Sanchez, 2017).

La comprobación que se realiza en este componente es la de continuidad en las bobinas.

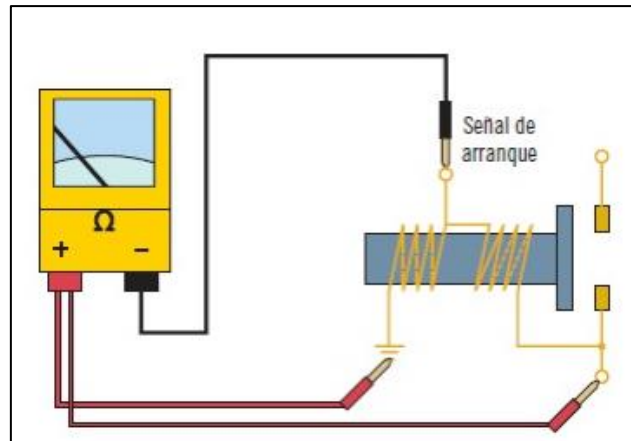


Figura 1.9 Comprobación continuidad, bobinas relé.

(Margarita Calsina Fleta, 2009)

1.8.5 TIPOS DE MOTOR DE ARRANQUE

A continuación, se describen tres tipos de motor de arranque.

1.8.5.1 Motor de arranque por contactor y horquilla

Este tipo de motor de arranque es el más utilizado actualmente para los vehículos turismo y es en el que se ha centrado todo lo explicado anteriormente en cuanto a su estructura y funcionamiento.

1.8.5.2 Motor de arranque por contactor, horquilla y reductora

Se diferencia del motor de arranque más usado en que incorpora en su estructura una marcha reductora que tiene la función de reducir o disminuir las revoluciones para con ello aumentar el torque. Este tipo de motor de arranque es empleado para motores Diésel de mediana y gran potencia.

1.8.5.3 Motor de arranque por inercia o Bendix

Este tipo de motor de arranque denominado de inercia o Bendix se caracteriza por su diseño sencillo y también por su reducido tamaño, por lo cual es utilizado en las motocicletas (Calsina Fleta, 2011).

1.9 MATERIALES PARA LA ELABORACIÓN DE PROBETAS DE BOCINES.

Para la selección de los materiales se debe considerar algunas propiedades que condicionan la utilización de este, en la tabla 1.2 se muestra las principales propiedades que el diseñador debería tomar en cuenta.

Tabla 1.2 Tipos de propiedades de los materiales

Económicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Precio y disponibilidad ➤ Reciclabilidad
Físicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Densidad
Mecánicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Módulo ➤ Limite elástico y resistencia a la tracción ➤ Dureza ➤ Tenacidad a la fractura ➤ Resistencia a la fatiga ➤ Resistencia a la fluencia ➤ Amortiguamiento de las vibraciones
Térmicas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conductividad térmica ➤ Calor específico ➤ Coeficiente de expansión térmica
Eléctricas y magnéticas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistividad ➤ Constante dieléctrica ➤ Permeabilidad magnética
Interacción con el entorno	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Oxidación ➤ Corrosión ➤ Desgaste ➤ Facilidad de fabricación ➤ Unión
Estética	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Color textura aspecto

Fuente: (Ashby & Jones, 2008)

1.9.1. MATERIAL

En la actualidad existen varios materiales que gracias a sus propiedades son adecuados para satisfacer las necesidades y especificaciones que se requiere en un bocín. En general los bujes o bocines se hacen de un metal blando, algunos de los más comunes son babbit, metal blanco, bronce, latón, aluminio y del tipo oilite (Herbert L. Nichols, 1993).

Según el material del que está hecho y la función que va a cumplir el bocín, este puede o no tener lubricación. Todo va a variar de acuerdo con las cargas que va a soportar, las revoluciones y la temperatura en la que el bocín tenga que trabajar (Farías, 2015).

1.9.1.1 Función e importancia

El bocín cumple la función de evitar que el eje o material en contacto se desgaste, permitiendo conservar las piezas en movimiento, ya que representa un costo inferior el reemplazar un bocín y no un eje u otro tipo de pieza (Bonino, 2019).

Si los bujes o bocines se mantienen limpios y bien lubricados, reducen una gran parte del desgaste de los materiales al absorber la mayor parte de la fricción producida por la rotación del eje o rueda (Herbert L. Nichols, 1993).

1.9.2 ALUMINIO

El aluminio y el cobre son elementos químicos que se encuentran con abundancia en la corteza terrestre, pero para la obtención de estos es necesario realizar una serie de procesos. Debido a las propiedades físicas, químicas y mecánicas que poseen estos materiales se encuentran presentes prácticamente en todo lo que nos rodea como: medios de transporte, dispositivos electrónicos y eléctricos, construcciones, entre otras cosas (Castellano, 2010).

1.9.2.1 Propiedades y características

El aluminio es un metal que se caracteriza por su peso bajo, aceptable resistencia a la corrosión, conductividad elevada (tanto térmica como eléctrica), y una gran reflectividad de la energía radiante, desde el ultravioleta hasta el infrarrojo, alcanzando el 97 % para una longitud de onda de 2 μm (Molera, 1990).

La alta resistencia que presenta el aluminio a la corrosión se debe a que existe una delgada película de óxido natural que se encuentra fuertemente adherida al material, evitando que la superficie adquiera una nueva corrosión.

1.9.2.2 Tipos

El aluminio al encontrarse en estado puro presenta propiedades mecánicas no apropiadas para trabajos que requieran un esfuerzo elevado, por lo cual generalmente es necesario realizar aleaciones con uno o varios materiales para adquirir mejores propiedades (Álvares, 2019).

Las aleaciones para forja se agrupan de acuerdo con el constituyente aleado principal, tal como se expresa a continuación: 99.6 a 99.8% de aluminio conocido como aluminio comercialmente puro, (1S); 99 a 99.5% de aluminio conocido como aluminio con impurezas normales, (2S); aluminio-manganeso, (3Sa 9S); aluminio-cobre, (SOS a 69S); aluminio-zinc, (70S A 79S) (Bastida, 2005). De acuerdo con el autor define que el aluminio 1S, debido a que presenta una buena resistencia a la corrosión y una buena maleabilidad, es muy utilizado en la industria química, de alimento, farmacéutica, entre otras. Un ejemplo de sus aplicaciones es hojas de envolturas de comida como galletas y chocolates, en empaques (tubos) para pastas dentales o cremas medicinales.

Las aleaciones de aluminio más utilizadas se presentan en la tabla 1.3

Tabla 1.3 Nomenclatura de aleaciones de aluminio forjado y fundido.

Grupo de Aleación	Código para Forjado	Código para fundido
Aluminio, pureza de 99.0% o mayores aleaciones de aluminio, por elemento(s) principal(es)	1XXX	1XXX
Cobre	2XXX	2XXX
Manganeso Silicio + cobre o manganeso	3XXX	3XXX
Silicio	4XXX	4XXX
Magnesio	5XXX	5XXX
Magnesio y Silicio	6XXX	
Zinc	7XXX	7XXX
Estaño		8XXX
Otros	8XXX	9XXX

Fuente: (Bastida, 2005)

1.9.2.3 Composición química de aleaciones

En la siguiente tabla se presentan los rangos de composición química de algunos de los tipos más comunes de aleaciones de aluminio (Callister & Rethwisch, 2017).

Tabla 1.4 Composición química de aleaciones.

Grado			Contenido en %							
Aluminium Association	UNS No.	ISO No. R209	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
AA2024	A9AA202 4	AlCu4Mg 1	0,5 máx.	0,5 máx.	3,8- 4,0	0,3- 0,9	0,9- 1,2	0,10 máx.	0,25 máx.	
AA3003	A9AA300 3	AlMn1Cu	0,6 máx.	0,7 máx.	0,05- 0,20	1,0- 1,5			1,10 máx.	
AA6082	....	AlSi1Mg Mn	0,7- 1,3	0,5 máx.	0,10 máx.	0,4- 0,6	0,6- 1,2	0,25 máx.	0,20 máx.	0,1 máx.
AA8006	A9AA800 6	....	0,4 máx.	1,2- 2,0	0,30 máx.	0,3- 1,0	0,10 máx.		0,10 máx.	
AA8011	A9AA801 1	.....	0,5- 0,9	0,6- 1,0	1,10 máx.	0,20 máx.	0,05 máx.	0,05 máx.	0,10 máx.	0,08 máx.
AA6061	A9AA606 1		0,4- 0,8	0,7	0,15- 0,40		0,8- 1,2			

Fuente: (Lechtman & Macfarlane, 2006)

Las aleaciones que se describen en la tabla 1.4 se encuentran debidamente normadas por Aluminum Association (AA), Unified Numbering System (UNS) y la norma International Tandard Organization (ISO).

1.9.3 BRONCE

1.9.3.1 Propiedades y características

El bronce presenta una gran variedad de usos debido a las diferentes propiedades mecánicas, físicas y químicas que posee, tales como: maleabilidad, conductividad, resistencia a la fricción, la resistencia a la corrosión, entre otras. Los bronce son

aleaciones de cobre con otros metales, estas aleaciones comparten ciertas propiedades físicas o mecánicas, el bronce clásico es la aleación de cobre con estaño (Lechtman & Macfarlane, 2006).

1.9.3.2 Tipos

Se conoce como bronce a las aleaciones binarias de bronce y estaño en un porcentaje que varía entre 1 y 32. A medida que el porcentaje de estaño aumenta, el bronce se vuelve más duro y tenaz, debido a la formación del compuesto cobre-estaño, disminuyendo su conductividad eléctrica, en tanto que su resistencia a la corrosión y su precio se ven incrementados. Además, de estas aleaciones se pueden presentar otro tipo, que son las terciarias las cuales se obtiene a partir de la fusión directa de materiales como: arsénico, zinc, magnesio, fósforo, entre otros (Bastida, 2005). De acuerdo con el autor se puede contemplar una gran variedad de bronce, pero los más comerciales y utilizados son:

Bronces al silicio: se presenta una aleación de cobre con silicio el cual vería un porcentaje de entre 2.5 y 4. Este bronce presenta una alta resistencia eléctrica, resistencia a la corrosión, un alto grado de maquinabilidad y una resistividad muy elevada, por lo cual, se ocupa generalmente en rotores de motores (Falconi & Factos, 1996).

Bronces de aluminio: esta aleación de cobre con aluminio tiene una característica especial, la cual es su excelente resistencia a la corrosión, al desgaste y al impacto (Echeverría & Carrasquilla, 2007).

Bronce de manganeso: este tipo de bronce presenta una elevada resistencia a la tracción al igual que la corrosión, por lo cual generalmente se utiliza en engranes y partes estructurales (López, 2019).

Bronce para cañón: este bronce presenta una alta tenacidad, excelentes propiedades para el vacío y una gran capacidad para soportar la corrosión provocada por el agua de mar (Bastida, 2005). Por este motivo es muy utilizado para la fabricación de varias piezas como cojinetes, émbolos, bujes, tuberías, tornillos, tuercas, entre otras más.

Bronce fosforado: presenta una alta resistencia a la fatiga, la corrosión y el desgaste por lo cual son ideales para la fabricación de resortes y diafragmas (Godoy & Maza, 2009).

Tabla 1.5 Aleaciones de bronce para uso común.

Descripción	Norma UNS	Norma SAE	Aplicaciones típicas del material
Metal al cañón con plomo	C83600	40	Componentes para bombas, engranajes pequeños, rodamientos, impulsores, válvulas y accesorios para bajar presión.
Bronce fosforado	C84400	--	Rodamientos de trabajo liviano, válvulas y accesorios para bajar presión, piezas de uso común.
Bronce al silicio	--	--	Para engranajes, tuercas, coronas, bujes. Aplicaciones de alta dureza y resistencia mecánica.
Bronce al aluminio manganeso	C86300	430B	Aleación de alta resistencia para trabajo pesado, especial para engranajes, levas, rodamientos de carga pesada, baja velocidad y tuercas.
Bronce al estaño zinc	C90300	620	Rodamientos, bujes, anillos para pistones, componentes de válvulas, anillos de sellamiento, accesorios para vapor y engranajes.
Bronce al estaño zinc	C90500	62	Bombas marinas, válvulas rodamientos, bujes, anillos para pistones, accesorios para vapor y engranajes.
Bronce al estaño	C90700	65	Engranajes de trabajo pesado, rodamientos de alta carga y bujes.

Bronce al estaño con plomo	C92200	622	Válvulas, accesorios, partes hidráulicas de media presión y presiones vapores hasta 287 °C.
Bronce al estaño níquel	C92500	640	Buena resistencia al impacto. Engranajes anillos sincronizados para automóviles.
Bronce al estaño	C72700	63	Rodamientos de trabajo pesado, bujes anillos para pistones, componentes de válvulas accesorios para vapor y engranajes.
Bronce al estaño	C93200	660	Rodamientos de uso general, bujes y platinas de desgaste para presiones y velocidades medianas.
Bronce al estaño con alto plomo	CC93500	66	Rodamientos para alta velocidad, bujes partes para alta velocidad con carga y presión liviana.
Bronce al estaño con alto plomo	C93700	64	Rodamientos para alta velocidad y presión con partes de bombas.

Fuente: (C. J. N. Torres, 2012)

1.10 FRICCIÓN Y DESGASTE

“Siempre que se quiere desplazar un cuerpo que está en contacto con otro se presenta una fuerza llamada fricción que se opone a su deslizamiento” (Pérez, 2017, p.114).

La fuerza de deslizamiento es la encargada de interrumpir o dificultar el movimiento de un cuerpo o material que está en contacto con otro. Para que se presente fricción se necesita una fuerza de empuje y una fuerza conocida como la “Normal” relacionada con la superficie de contacto. Otro aspecto importante es el acabado en la superficie de los materiales a relacionarse, ya que de esto dependerá el grado de fricción presente, es decir, si ponemos dos superficies en contacto, independientemente del grado de mecanizado o pulido con que se hayan fabricado, sólo estarán en contacto en puntos concretos, donde las asperezas de ambas se encuentran (Ashby & Jones, 2008).

La carga que mantiene en contacto a los dos materiales se presenta únicamente en lugares específicos, por lo que el área real de contacto entre las superficies es menor de lo que parece, puesto que éstas se tocan solo en los contactos entre asperezas.

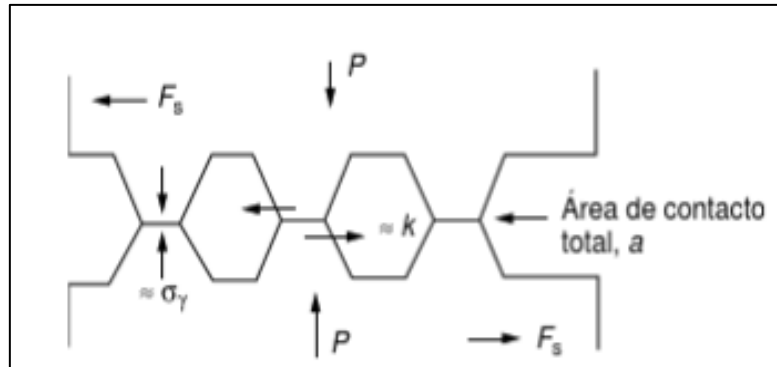


Figura 1.10 El área real de contacto entre las superficies.

(Ashby & Jones, 2008)

1.10.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA FRICCIÓN

La fricción se ve afectada por factores como las superficies de contacto y la carga aplicada, por lo cual se concluye que el coeficiente de fricción no es considerado una propiedad del material (Romero & Rondón, 2019).

1.10.1.1 Superficie

Cada material va a presentar una superficie y textura diferente dependiendo de la composición y del acabado superficial que tenga.

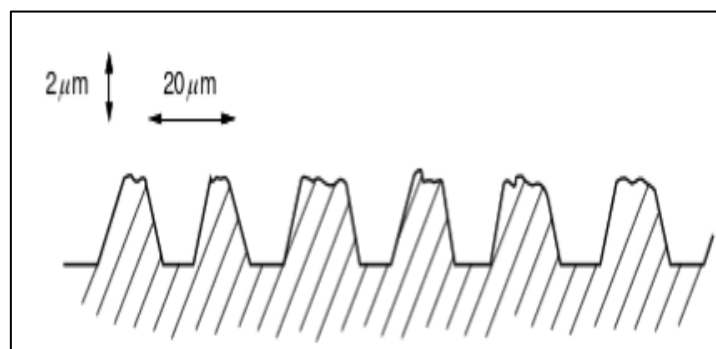


Figura 1.11 Metal finamente mecanizado.

(Ashby & Jones, 2008)

1.10.1.2 Carga

También conocida como presión, ésta es una determinada fuerza que se ejerce entre dos superficies en contacto por unidad de área. Mientras exista una mayor carga aumentará la dificultad de mover un cuerpo sin afectar el otro, debido a que la fricción presente es alta (Hidalgo & Morales, 2019).

Además, la presencia de presión puede deformar una o las dos superficies provocando un mayor obstáculo para el movimiento.

1.10.1.3 Contacto

El área de contacto se muestra entre picos de las superficies, es decir en puntos específicos e individuales los cuales pueden variar dependiendo de las asperezas que presenta el material. Estos puntos de contacto se incrementan o varían como resultado de la deformación debido a la fricción (Hidalgo & Morales, 2019).

1.10.1.4 Velocidad

Dependiendo de la fuerza que se aplica al objeto variará la velocidad, por ende este movimiento entre dos superficies incide en el calor y desgaste ocasionados por la fricción (Herbert L. Nichols, 1993).

En general una alta velocidad representa una mayor presencia de calor y desgaste, por lo cual, es muy importante incorporar aditamentos que permitan reducir la fricción y la temperatura como lubricantes o sistemas de refrigeración o enfriamiento.

1.10.1.5 Esfuerzo cortante o de desgaste

También conocido como esfuerzo de cizallamiento, este actúa en dirección tangencial a la superficie del material trabajado. Este esfuerzo interno es consecuencia de las tensiones transversales al cuerpo (Tirira, 2019). La presencia de rayaduras o grietas en la superficie de contacto aumenta el porcentaje de dificultad de movimiento ya que la fricción aumenta en esos puntos.

Es por ello que cuando una pieza u objeto presenta una rayadura se debe rectificar o reemplazar la misma, un ejemplo específico de esto es en las camisas de un motor Diesel.

1.10.2 TIPOS DE FRICCIÓN

La fricción se puede presentar de dos tipos, la cuales son: estática y dinámica o de movimiento.

1.10.2.1 Estática

La fuerza de fricción estática es la resistencia que presenta un cuerpo que debe ser vencida para iniciar el movimiento. En este tipo de fricción las únicas fuerzas que se ven presentes actuando sobre el objeto determinado son la fuerza normal y el peso (Brostow, Deborde, Jaklewicz, & Olszynski, 2004).

1.10.2.2 Dinámica

La fuerza de fricción dinámica es el rozamiento necesario para que un cuerpo que se encuentra en movimiento siga deslizándose (Ordoñez, 2015). Este tipo de fuerza se presenta cuando el objeto deja el reposo para iniciar un movimiento y la magnitud de la fuerza actual del rozamiento cinemático reduce y se presenta la fuerza que se resiste al movimiento del objeto. La magnitud de la fuerza resistente es directamente proporcional a la fuerza normal presente.

1.10.2.3 Diferencia entre fricción dinámica y estática

La fuerza que presenta la fricción estática será mayor que la fricción dinámica independiente de la situación de trabajo, debido a que para iniciar el movimiento de un cuerpo que permanece en reposo se requiera de una cantidad mayor de esfuerzo comparando con la empleada para conservar el objeto en velocidad constante (Paute & Pañi, 2017).

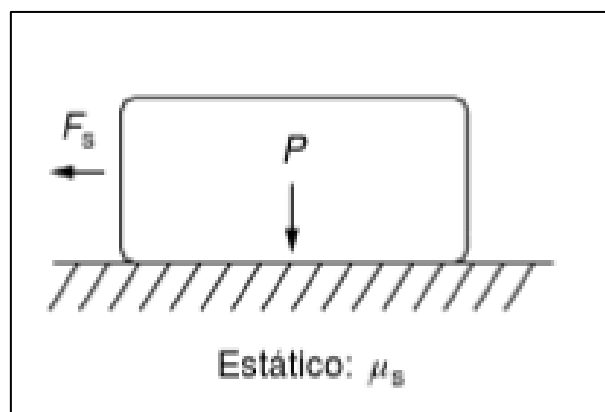


Figura 1.12 Coeficiente de rozamiento estático.

(Ashby & Jones, 2008)

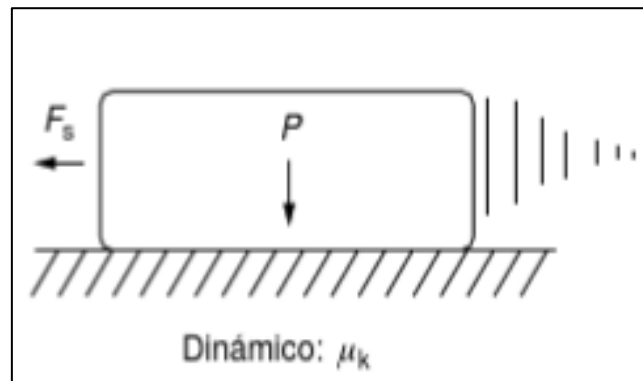


Figura 1.13 Coeficiente de rozamiento dinámico.

(Ashby & Jones, 2008)

1.10.3 VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA FRICCIÓN

1.10.3.1 Ventajas

La fricción surge como consecuencia de la interacción entre dos cuerpos y gracias a este fenómeno nosotros podemos realizar un sin número de actividades como cambiarnos de ropa, caminar, frenar un vehículo, escribir, entre otras cosas. Es por ello que la fricción es de suma importancia para el desarrollo de nuestra vida cotidiana (Ballesteros, 2019).

1.10.3.2 Desventajas

Debido a la fuerza de rozamiento que un cuerpo presenta frente a otro cuando se encuentran en contacto se produce el desgaste del material con menor propiedades mecánicas y resistencia, esta es la razón por la cual los objetos que se utilizan a diario como zapatos, neumáticos, objetos metálicos, entre otras cosas, se deterioran, pierden su funcionalidad y valor (Ballesteros, 2019).

1.10.4 DESGASTE DE MATERIALES

Las propiedades mecánicas de los materiales dependen de su microestructura y debido a la fricción estas propiedades pueden verse afectadas, por lo cual el cuerpo va a disminuir y su funcionamiento va a presentar inconvenientes, colocando en riesgo a los componentes restantes del sistema (Thaller, 2016).

El desgaste de materiales se puede clasificar en dos tipos: Adhesivo y abrasivo.

1.10.4.1 Desgaste adhesivo

En la siguiente figura 1.14 se muestra un ejemplo del desgaste adhesivo en donde es posible observar la adhesión entre los átomos A y B, el desgaste se produce en el material más blando. Y si se considera que A y B son del mismo material, el desgaste se producirá en las dos superficies.

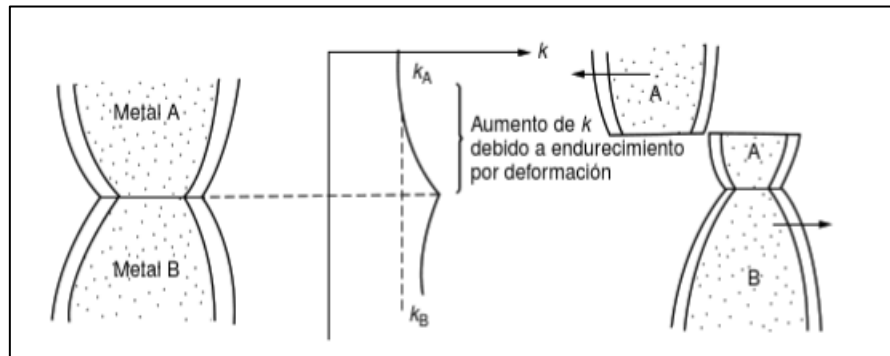


Figura 1.14 Desgaste adhesivo.

(Ashby & Jones, 2008)

1.10.4.2 Desgaste abrasivo

En la figura 1.15 se muestra cómo se produce el desgaste abrasivo que se presenta cuando se introducen partículas que llenan el espesor de la película de aceite o cuando la superficie presenta un daño considerable provocando un desgaste mayor y desigual (Patiño, 2016).

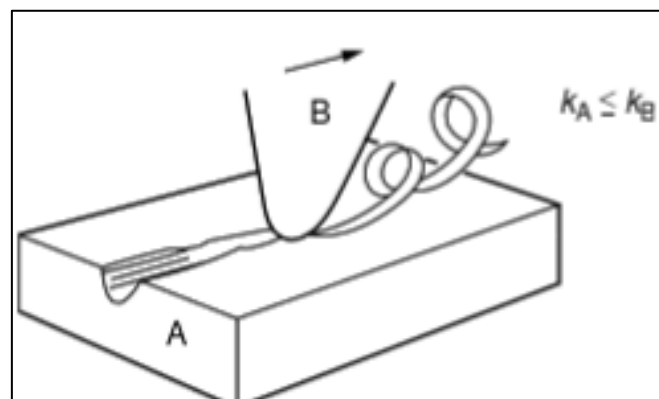


Figura 1.15 Desgaste Abrasivo.

(Ashby & Jones, 2008)

1.11 PROCESOS PARA TORNEADO

El torneado es una operación convencional para remoción de material que produce superficies por rotación en la pieza de trabajo (Noriega Francisco, 1993).

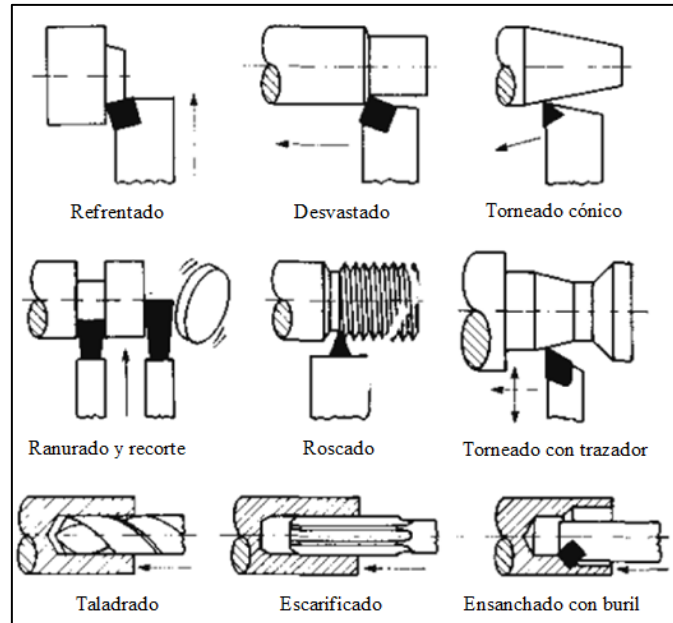


Figura 1.16 Operaciones de torno

(Noriega, 1993)

El torneado es utilizado para eliminar, reducir o remover material mediante un proceso de corte o también denominado cizallamiento con el fin de tener un resultado o una forma deseada de la pieza con la cual se trabaja. Las piezas destinadas para el torneado pueden ser de distintos materiales de acuerdo con las necesidades de uso, una vez determinada la forma y el tamaño de la pieza se la coloca en el torno sujeta por medio de platos, boquillas y puntas. La pieza gira alrededor de su propio eje y con la línea central del husillo de la máquina (Morales, 2017).

1.11.1 COMPONENTES

Existen diferentes tipos de tornos en la industria, pero para este caso se tomará como base un torno de puntos básico, cabe recalcar que el tamaño del torno puede variar de acuerdo con la capacidad de volteo de 150 mm a 1.5m, y a su vez se debe tomar en cuenta la longitud de bancada que varía desde 1m hasta 15m (Freire, 2017).

En el caso de la industria automotriz la utilización de un torno es necesario, pero con algunas especificaciones técnicas mejoradas como suele ser una gama alta en velocidades y avances. A continuación, se definen los diferentes componentes que posee un torno.

Bancada: Se considera que el cuerpo del torno, tiene la función de soportar el peso de las demás partes del torno haciendo base directamente con el suelo. La bancada a su vez no debe flexarse ni torcerse, ya que también se encarga de absorber todas fuerzas que se producen durante el proceso de torneado.

Plato: Componente encargado de sujetar la pieza de trabajo para que realice el movimiento adecuado de rotación continuo, existen diferentes tipos de platos por lo que se pueden cambiar por medio del husillo de acuerdo con la necesidad de torneado.

Contrapunto: Si en un extremo existe el plato en el otro extremo se encuentra el contrapunto, este componente es móvil y su utilización se rige al tamaño de la pieza a mecanizar.

Caja Norton: Ajusta las revoluciones de velocidad por medio de palancas.

Carro portaherramientas: Tiene la función de fijar las herramientas de torner y facilitar los movimientos de ajuste y avance, posee tres movimientos los cuales son: longitudinal, transversa, inclinado o superior (Bartsch, 1981).

1.11.2 CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES

Todas las piezas torneadas comparten una característica particular: tienen superficies maquinadas curvas que se producen durante la rotación de la pieza entorno a su eje (Benavidez & Ortega, 2012). Cuando se habla del tamaño, forma y material la diversidad de los casos es sumamente amplia, ya que la pieza a torner puede ser desde una diminuta aguja que no tiene un peso considerable hasta un gran rodillo torneado el cual puede llegar a pesar toneladas.

Para las aplicaciones del torno se dice que la realización del torneado es una operación mayor de maquinado, la realización de tornillos es una aplicación común para este caso,

pero el torno está diseñado para realizar operaciones secundarias en piezas con diferentes procesos.

Cuando la pieza tiene una forma redonda y se necesita de una gran precisión es muy posible que se emplee el trabajo de torneado, esto se da generalmente cuando la superficie de la pieza a trabajar se encuentra en contacto con una pieza móvil (Benavidez & Ortega, 2012).

El proceso de torneado también se lo utiliza cuando se tiene piezas recalcadas en frío y se necesita hacer ranuras anulares en ellas, esto se produce cuando la operación primaria no genera la forma deseada de la pieza.

Las piezas más comunes que se generan por la utilización del torneado son tambores, discos de frenos, tubos, piezas de válvulas rodillos, pistones, cubos, turbinas, cigüeñales, entre otros (Erazo, 2015).

1.11.3 MATERIALES ADECUADOS PARA TORNEAR

Los materiales para la producción con máquinas automáticas deben ser estables en las condiciones normales de temperatura y humedad, antes de empezar a trabajar con un material definido es necesario analizar la forma en la cual el material se comporta con respecto al mecanizado, es decir, la forma de las virutas y su manera de desprenderse. La finalidad que se tiene al tomar en consideración los aspectos mencionados es mejorar la calidad superficial en el acabado (E. M. Hidalgo & Ríos, 2013).

1.11.3.1 Material para maquinado

Las principales aplicaciones de herramientas para tornear con placa soldada de widia de acuerdo con la clasificación ISO/DIN se especifican en la figura 1.17

Las herramientas de corte que se utilizan para el proceso de torneado tienen que presentar alta dureza, alta resistencia al desgaste y gran ductilidad.

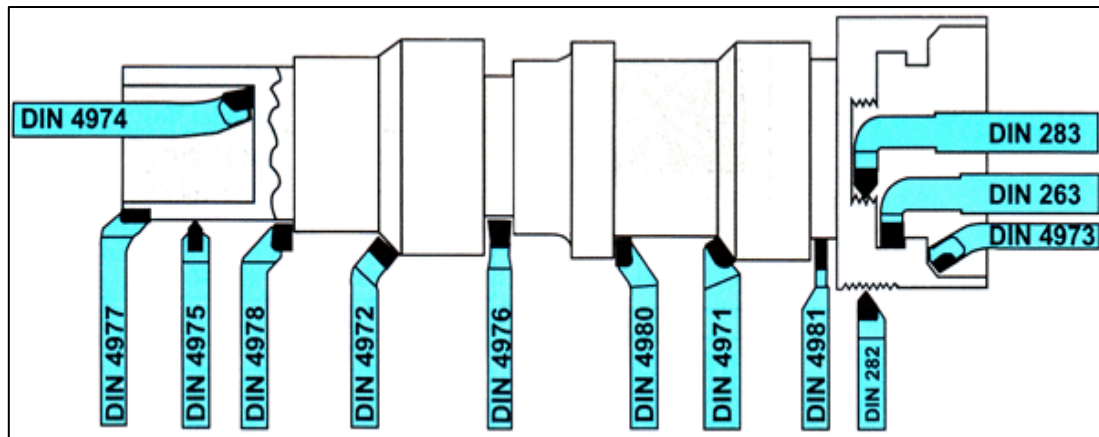


Figura 1.17 Herramientas de corte para torno.

(Máquinas y Herramientas, 2014)

Los materiales con que se fabrican las herramientas tienen que cumplir los requisitos mencionados anteriormente, estos materiales se representan en la tabla 1.6.

Tabla 1.6 Materiales para herramienta de corte.

Material	Característica	Aplicación
Acero al carbono	Resistencia térmica de 250-300 °C	Se emplea en bajas velocidades de corte en el torneado de madera y plástico.
Acero rápido	Resistencia térmica de 650°C	Metales blandos de baja producción.
Carburo cementado o metal duro	Resistencia térmica de 815°C	Herramientas más adecuadas para maquinar hierro colado, metales no ferrosos y algunos materiales abrasivos no metálicos.

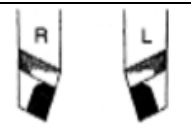
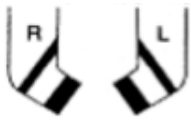
Cermet (combinación de material cerámico y metal)	Buena resistencia al desgaste, alta estabilidad química y dureza en caliente.	Materiales que producen una viruta dúctil, aceros y las fundiciones dúctiles.
Cerámica	Alta dureza en caliente y no reaccionan químicamente con los materiales de la pieza, pero son muy frágiles	Producción de piezas en el sector automotriz.
Nitruro de boro cúbico (CBN)	Extrema dureza en caliente y excelente resistencia al desgaste	Frágil, pero más tenaz que la cerámica.
Diamante policristalino (PCD)	Increíble resistencia al desgaste y una baja conductividad térmica	No sirve para cortar materiales tenaces.




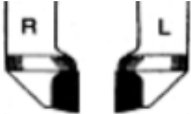
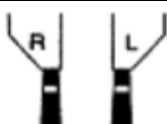


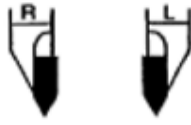


Fuente: (Armijo, 2018)

1.11.3.2 Clasificación ISO/DIN para herramientas de corte

Las aplicaciones para las diferentes herramientas de corte de placa soldada se muestra en la tabla 1.7.

Tabla 1.7 Clasificación ISO/DIN.

ISO	DIN	APLICACIÓN	FORMA DEL CABEZAL R=Derecha L=Izquierda
1	4971	Herramienta de desbaste recta	
2	4972	Herramienta de desbaste acotada	

3	4978	Herramienta de cilindrar y refrentar	
4	4976	Herramienta de pala para acanalar	
5	4977	Herramienta de refrentar acodada	
6	4980	Herramienta de cilindrar acodada	
7	4981	Herramienta de trozar	
8	4981	Herramienta para agujeros pasantes	
9	4974	Herramienta para agujeros ciegos	
352	4975	Herramienta de punta para cilindrar y afinar	
282	---	Herramienta de roscado exterior	
283	---	Herramienta de roscado interior	
263	---	Herramienta de ranurado interior	

Fuente: (Díaz, 2011)

1.11.4 RECOMENDACIONES PARA DISEÑO

Para realizar el diseño de una pieza se debe tomar en cuenta el material del cual está compuesta. A continuación, se mencionan algunas recomendaciones que se puede aplicar en el diseño de piezas a torneear.

- Los cortes irregulares en piezas son muy difíciles de diseñar por lo que se recomienda evitar su elaboración.
- Los radios que se encuentren en la pieza tienen que ser amplios para que se acople con el radio de la herramienta estándar, a menos que sea un caso crítico en donde el radio cumpla una función esencial en la pieza.
- Para zonas biseladas, ranuras, bordes y diámetros se debe incluir la configuración geométrica estándar de las herramientas.
- Siempre que sea posible se debe evitar las piezas de diámetro pequeño con el fin de disminuir la flexión que genera la herramienta de corte con la pieza (E. M. Hidalgo & Ríos, 2013).

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 MATERIALES

Introducción

De acuerdo con la Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador (AEADE) desde su lanzamiento en 2009 hasta mayo de 2019 se han comercializado cerca de 70 000 unidades de Aveo Family, lo que demuestra que Aveo es uno de los vehículos con mayor apreciación en el mercado (Automotrices, 2019).

Considerando el número de ventas del vehículo Aveo en el mercado y teniendo en cuenta que es un automóvil de gran comercialización, se seleccionó los bocines del motor de arranque de 12 voltios del vehículo mencionado para la presente investigación, tomando en cuenta que son piezas que se encuentran diariamente en funcionamiento y por lo tanto la presencia de desgaste en el material es inevitable.

Los tipos de investigaciones que se utilizaron principalmente es el trabajo de campo que se realizó mediante la manipulación del torno en conjunto con los instrumentos de medida para la fabricación de las probetas, así como también el tipo de investigación analítica con el cuál se ejecutó un análisis comparativo entre los resultados obtenidos una vez terminadas las pruebas de desgaste en las probetas elaboradas.

2.1.1 MOTOR DE ARRANQUE

El motor de arranque de 12 voltios que se utilizó para realizar las pruebas de desgaste pertenece a un vehículo Aveo. En la tabla 2.1 se describe las especificaciones técnicas de funcionamiento.

Tabla 2.1 Especificaciones Técnicas del motor de arranque.

Aplicación	Tensión	Potencia	Torque de bloqueo	Rotación
Motores hasta 1.6 litros de cilindrada	12 voltios	1 kW	10.5 Nm	Horario o antihorario, según el requerimiento de funcionamiento

Fuente: (Indiel, 2005)

2.1.1.1 Curva característica del motor de arranque

El motor de arranque se encuentra en perfectas condiciones de funcionamiento cuando se verifican las variables de corriente, revoluciones, par y potencia mostradas en la figura 2.1. Los valores entre 400 y 3600 revoluciones por minuto (rpm) corresponden al giro en vacío, lo que determina la curva del par motor. Para la curva de potencia es necesario tomar en cuenta dos puntos en donde la curva toma el valor de cero, en 50 A determinado por la intensidad de corriente consumida para el giro en vacío y en 450 A de acuerdo con la intensidad de corriente consumida cuando el motor está bloqueado.

Cuando la corona dentada engrana con el volante de inercia al aumentar la corriente disminuyen las revoluciones, la curva correspondiente a la velocidad, relaciona ese valor con el consumo de intensidad de corriente, por lo tanto, el valor cero es cuando el motor no gira, los valores intermedios se determinan de acuerdo con la intensidad de consumo de corriente, y los valores que no se encuentran en la escala intermedia constituyen al régimen obtenido en vacío (Cordero & Sanchez, 2015).

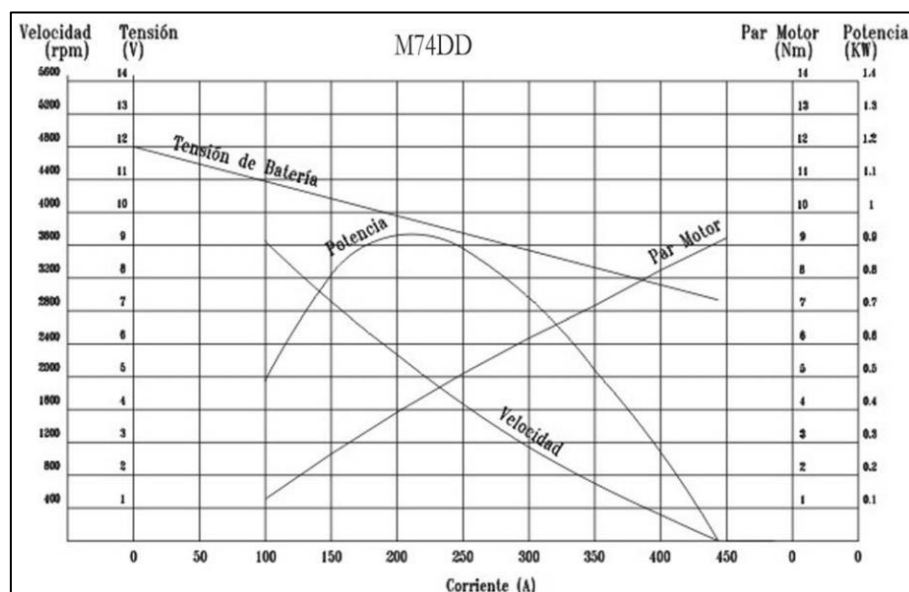


Figura 2.1 Curva característica del motor de arranque.

Fuente: (Cordero & Sanchez, 2015)

2.1.2 ESTACIÓN DE TORNO

El taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz de la Universidad Técnica del Norte cuenta con un torno de marca TIDA de banco, modelo TD-5AH el cual fue considerado para la fabricación de probetas de bocines de Aluminio al Silicio

3xx.x y Bronce Fosfórico S.A.E 640. El inconveniente presente para este proceso fueron las malas condiciones de funcionamiento en las que se encontraba el torno, por lo cual fue necesario un mantenimiento y una reparación completa del equipo.

Tabla 2.2 Especificaciones técnicas Torno TIDA.

Modelo	TD-5AH
Tipo de motor	Eléctrico Monofásico
Potencia del motor	1 HP, 60 Hz
Diámetro entre puntas	304,8 mm de volteo sobre la bancada
Mandril	Independiente de cuatro zonas 8"
Mandril	Universal de tres garras 6"
Luneta	Móvil y fija
Plato de arrastre	
Lubricación	Aceite
Engranajes	Acero tallado y templado
Piñones de fuerza	Acero tallado y templado

Fuente: (Ramírez, 2015)

El equipo se considera como un elemento principal para que el estudio de la investigación se desarrolle, por lo tanto, para una buena manipulación de este es necesario conocer las especificaciones ilustradas en la tabla 2.2.

2.1.2.1 Guía rápida del funcionamiento del equipo

La tabla 2.3 muestra una guía rápida de funcionamiento del torno y el proceso de fabricación de las probetas de bocines hasta obtener un resultado óptimo para las pruebas.

Tabla 2.3 Tabla de funcionamiento del equipo.

1.- En el plato del mandril del torno se fija el material a tornearse de acuerdo con dimensiones específicas.
2.- Se selecciona el proceso y los parámetros que trabajará el torno para moldear el material
3.- Para que el mandril gire se enciende el torno revisando que todo este ajustado correctamente.
4.- Se acerca la cuchilla que se encuentra en el porta cuchillas mediante el carro deslizador al material base.
5.- Mediante el carro auxiliar se desplaza la cuchilla para trabajar el material y dar la forma deseada.
6.- Una vez terminada la mecanización del material se aleja las cuchillas del, se apaga el equipo y se procede a la extracción de la pieza trabajada.

2.1.2.2 Mantenimiento del torno

Un buen trabajo de torneado es directamente proporcional al funcionamiento del torno, por este motivo es necesario cuidar y proteger el equipo en los diferentes procesos de manufactura.

La tabla 2.4 muestra las revisiones y mantenimiento necesario que se debe realizar al equipo para que funcione de manera correcta y a su vez alargar la vida útil de sus componentes.

Tabla 2.4 Mantenimiento de torno y revisiones necesarias.

Mantenimiento	Revisiones
Lubricación de las guías y los carros móviles que se encuentran en el torno.	Observar si el equipo se encuentra totalmente limpio y en condiciones de trabajo.
Engrasar los rodamientos o realizar un cambio de ser necesario. (rodamientos en el cabezal y ejes secundarios)	Realizar una inspección de: fugas de aceites y lubricación, además de vibraciones anormales y ruidos extraños.

Realizar un rectificando de la bancada, el eje transversal.	Inspeccionar el circuito eléctrico en todo el sistema y en el motor cabezal
Alineación del cabezal con lo cual se evitará la conicidad de este.	Revisar el estado de las bandas
Alineación del contrapunto	Controlar el nivel del refrigerante y lubricante
Realizar una nivelación del sistema	Inspección del circuito de retorno del refrigerante.
Reparación de los husillos o cambio de estos de ser necesario.	Revisar el estado del refrigerante y del lubricante.
Cambio de bandas en presencia de desgaste excesivo o de agrietamiento	Inspeccionar el estado de piñones de caja de transmisión.
Reajuste de los regles cónicos que se presentan en los carros móviles del torno.	Considerar el estado en que se encuentran las cuchillas.

Fuente: (Bistram, 2018)

2.1.3 MATERIAL PARA MAQUINADO

Herramienta de punta para cilindrar y afinar fabricada de acero aleado con tungsteno con alta dureza, alta resistencia al desgaste y mayor resistencia térmica, normativa DIN 4975; ISO 352 (figura 2.2) (Armijo, 2018).



Figura 2.2 Cuchilla de widia para exteriores y corte.



Figura 2.3 Cuchilla de widia para interiores.

2.1.4 ALUMINIO AL SILICIO 3XX.X

La Asociación Americana de Aluminio (AA) designa a la aleación aluminio con silicio a la serie AA 3xx.x, en donde el elemento principal de la aleación es el silicio, pero siendo posible incrementar cobre y magnesio en la aleación los cuales actúan como elementos secundarios. En la serie AA 3xx.x el dígito después del punto representa la forma en que la aleación se encuentra fabricada, para el caso del segundo y tercer dígito hace referencia a la variación que la aleación pueda presentar (Maffia, 2013).

La incorporación del silicio al aluminio mejora la soldabilidad y ductilidad al material, aumenta la fluidez del metal líquido y disminuye la fragilización y contracción del material durante la solidificación (Charco Zambrano, 2017).

Tabla 2.5 Composición química aleación Al-MgSI en AW-6060.

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0,30–0,6	0,10–0,30	≤ 0,10	≤ 0,10	0,35–0,6	≤ 0,05	≤ 0,15	≤ 0,10	Rest

Fuente: (Bistram, 2018)

Por las características mencionadas la aleación Al-Si se utiliza para diseñar diferentes formas de piezas ya sean complejas o sencillas, para el caso de esta investigación el sistema binario Al-Si fue empleado en la fabricación de probetas de bocines para un motor de arranque.

Tabla 2.6 Propiedades físicas aleación Al-MgSI en AW-6060.

Densidad 20°C	Módulo de elasticidad (Ms/m)	Conductividad térmica (W/m.°k)	Calor específico (J/kg.°k)	Módulo de elasticidad (MPa)
2,7	34-38	200-220	898	69 500

Fuente: (Bistram, 2018)

2.1.5 BRONCE FOSFÓRICO S.A.E 640

El bronce fosfórico está conformado por cobre, estaño, antimonio y fósforo especificados en la tabla 2.7, el cual sirve como agente de desoxidación al derretir los materiales y mejorar la fluidez del metal fundido. Esta aleación se caracteriza por su dureza y sus propiedades mecánicas (Almendariz, 2018).

Tabla 2.7 Composición química Bronce Fosfórico SAE 640.

Elemento	Mínimo %	Máximo %
Cobre (Cu)	85,00	88,00
Antimonio (Sb)	10,00	12,00
Plomo (Pb)	1,00	1,50
Níquel (Ni)	0,8	1,5

Fuente: (Almendariz, 2018)

Se selecciona el bronce fosfórico SAE 640 y el aluminio al silicio 3xx.x debido a sus propiedades y la fácil obtención del material en el mercado.

Tabla 2.8 Propiedades mecánicas Bronce Fosfórico SAE 640.

Resistencia a la tracción	380 MPa
Resistencia a la deformación	205 MPa
Elongación	16 % en 50 mm
Módulo elástico en tensión	170 MPa a 20°C
Resistencia a la fatiga	170 MPa
Dureza	102 HB

Fuente: (Acurio, 2014)

Las probetas de bocines en las pruebas de desgaste se someten a fricción debido a que estos componentes son el elemento de sacrificio en el equipo, por esta razón es indispensable conocer las propiedades del material destinado para las pruebas, descritos en las tablas 2.7, 2.8, 2.9 y 2.10.

Tabla 2.9 Características Técnicas Bronce Fosfórico SAE 640.

Resistencia a la corrosión	Excelente
Resistencia al desgaste	Buena
Calidad antifricción	Buena
Desempeño en altas temperaturas	Buena

Fuente: (Acurio, 2014)

Tabla 2.10 Condiciones de trabajo Bronce Fosfórico SAE 640.

Presión	Alta
Lubricación	Forzada
Velocidad	Media

Fuente: (Acurio, 2014)

2.2 MÉTODOS

Este trabajo se desarrolló mediante la utilización de un torno manual en el cual se elaboraron probetas de bocines de Aluminio al Silicio 3xx.x y Bronce Fosfórico SAE 640. Una vez fabricadas las probetas se ejecutó pruebas de desgaste en un periodo de tiempo de seis y doce meses para los dos tipos de materiales con el fin de determinar el tipo de material que soporta el desgaste en su estructura una vez sometido a esfuerzos de fricción.

2.2.1. ENCUESTA

Se efectuó una encuesta con el fin de obtener datos reales del uso del motor de arranque en el vehículo, con los cuales se determinaron los parámetros de las pruebas de desgaste.

2.2.1.1. Determinación de la muestra

La población investigada cuenta con 181175 personas pertenecientes al cantón de Ibarra. Esta cantidad se determinó para obtener una muestra considerable.

$$n = \frac{PQ \cdot N}{(N - 1) \frac{E^2}{K^2} + PQ}$$

$$n = \frac{0,25 * 181175}{(181175 - 1) \frac{0,05^2}{2^2} + 0.15}$$

$$n = \frac{45293.75}{(181174)0,000625 + 0.15}$$

$$n = \frac{45293.75}{113,48}$$

$$n = 399.13$$

Dónde:

- N: universo población
- n: tamaño de la muestra
- PQ: varianza (0,25) porque la desviación típica es de 0,5

- E: margen de error
- K: nivel de significancia
- N-1: corrección de muestreo

(Aguilar, 2005)

La encuesta se realizó a 400 personas y las preguntas son:

1. ¿Posee usted vehículo?

Si.....

No.....

2. ¿Con qué frecuencia utiliza su vehículo en el transcurso de la semana?

Diariamente.....

2 días a la semana.....

4 días a la semana.....

3. ¿Cuántas veces enciende su vehículo en el día?

4.....

6.....

8.....

10.....

4. ¿Cuál es el tiempo aproximado que su vehículo se demora en arrancar?

1 segundo.....

2 segundos.....

3 segundos.....

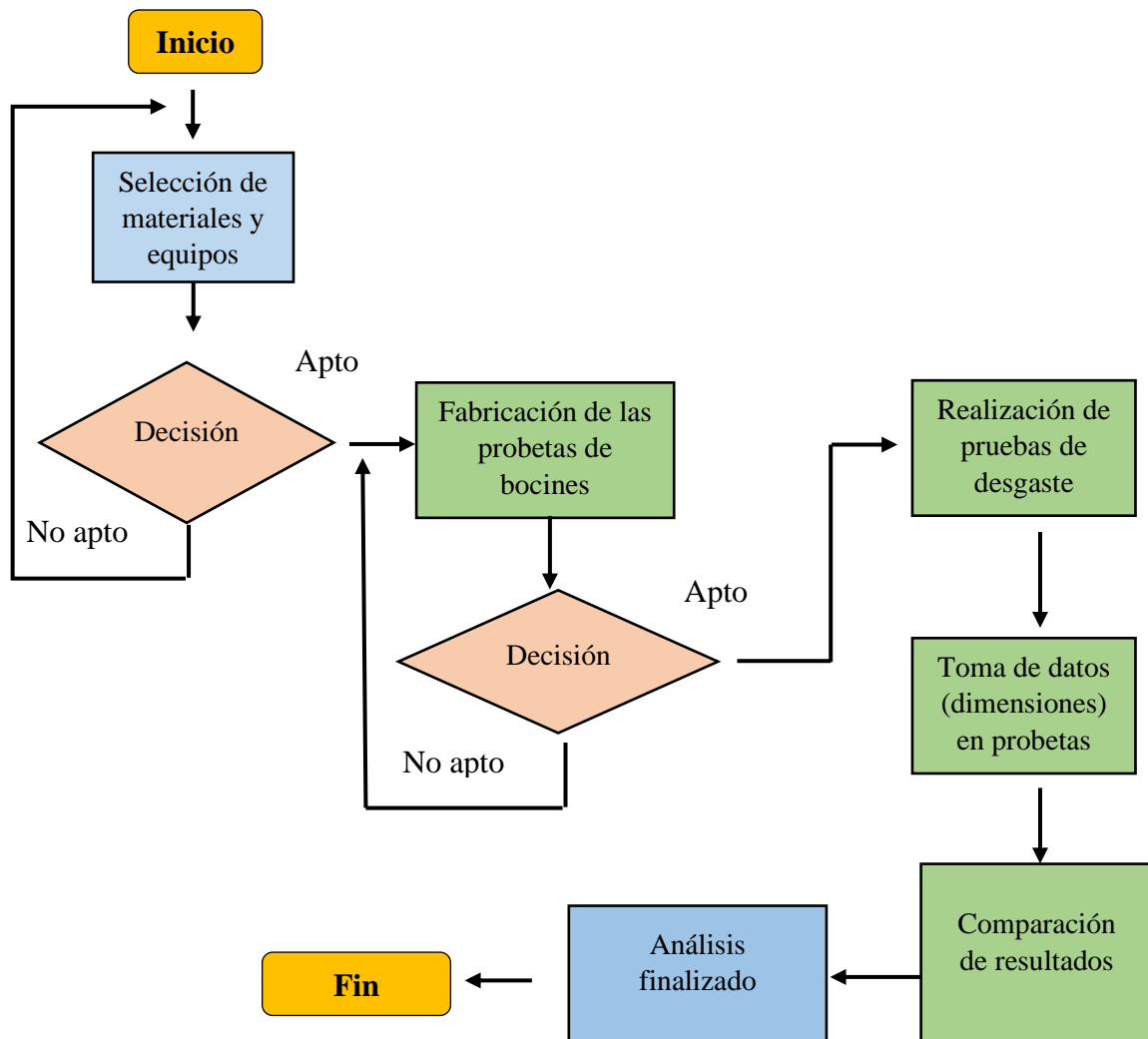
4 segundos o más.....

2.3 METODOLOGÍA DEL PROCEDIMIENTO

La presente investigación se basó en cinco etapas: selección de materiales y equipos, fabricación de probetas de bocines, ejecución de las pruebas de desgaste, toma de medidas una vez terminada la fase de pruebas y análisis de resultados.

2.3.1 METODOLOGÍA DE DIAGNÓSTICO PARA EL ANÁLISIS DE DESGASTE EN PROBETAS DE BOCINES.

En el siguiente diagrama de flujo se describe la metodología utilizada en la fabricación de probetas de bocines, además se muestra el proceso para el análisis comparativo entre resultados una vez terminada la fase de pruebas en las probetas.



2.3.2 INCERTIDUMBRE DE MEDIDA

Para obtener un dimensionamiento correcto en las piezas es necesario conocer la incertidumbre de medida que presentan los calibradores pie de rey y micrómetro. EL Vocabulario Internacional de Términos Fundamentales y Generales de Metrología (VIM) define “La incertidumbre de medida como un parámetro no negativo que caracteriza la dispersión de los valores atribuidos a un mensurando, a partir de la información que se utiliza”(Ruiz, García, & Mesa, 2010, p.2). Es decir, la calidad con la que un instrumento realiza una medición bajo condiciones controladas se denomina incertidumbre.

El dimensionamiento de las probetas de bocín se realizó en un ambiente libre de suciedad y a una temperatura de 20 °C, los instrumentos de medida utilizados fueron un micrómetro y un calibrador pie de rey digital.

- Pie de Rey con resolución de 0,01 mm, incertidumbre 0,012 mm y nivel de confianza del 95,45%.
- Micrómetro con resolución de 0,01 mm, incertidumbre 1 μm y nivel de confianza del 95,45%.

Para mayor exactitud en las dimensiones se ejecutó varias medidas en la pieza y se realizó un promedio con el fin de mejorar la veracidad en los resultados.

2.3.3 OBTENCIÓN DIMENSIONAMIENTO DE PROBETAS DE BOCINES

La toma de dimensiones para las probetas de bocines se desarrolló de la siguiente manera: se procedió a despiezar el motor de arranque para la extracción del bocín original (figura 2.4).



Figura 2.4 Despiece motor de arranque Aveo.

Una vez obtenido el bocín modelo se realizó la toma de medidas con la ayuda de un micrómetro al ser un objeto con un nivel de precisión de orden de centésimas de milímetros (0,01 mm) y de milésimas de milímetros (0,001mm) (figura 2.5).



Figura 2.5 Medición diámetro exterior.

Para la obtención de datos se efectuó 5 mediciones de cada parte del cuerpo del bocín, con lo cual se ejecutó un promedio y se definió las dimensiones de las probetas.

La acotación y el dimensionamiento para representar el cuerpo se realizó mediante la ayuda de un software de diseño SOLIDWORKS, el cual permite representar el objeto y las dimensiones necesarias para ser fabricado.

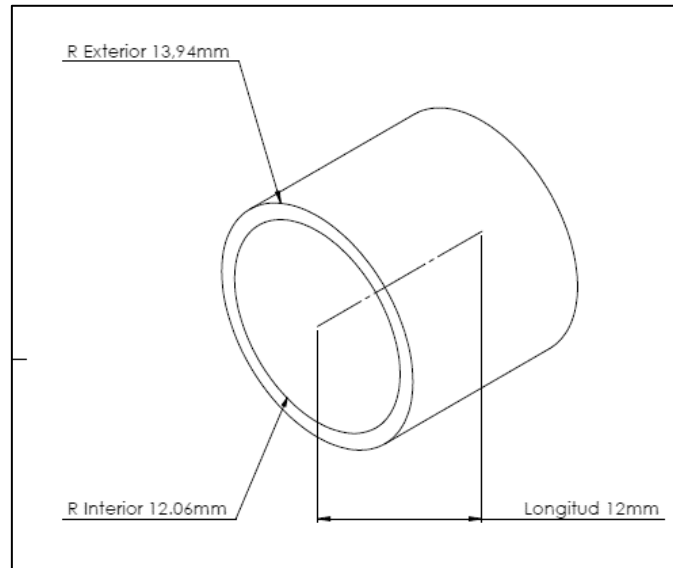


Figura 2.6 Dimensionamiento del bocín en SolidWorks.

2.3.4 FABRICACIÓN DE LAS PROBETAS DE BOCINES

En cualquier tipo de proceso de fabricación mecánica la representación gráfica de la pieza a fabricar es indispensable, sin embargo, la mayor parte de las piezas que se representan en planos no poseen una exactitud definida, ya que entre las medidas teóricas y prácticas se generan discrepancias debido a diferentes factores los cuales son:

- Las herramientas o máquinas por utilizar poseen juego u holgura.
- Error en la toma de mediciones por los operarios.
- Errores en los instrumentos de medición.
- Deformación o dilatación de la pieza fabricada debido a la temperatura de mecanizado.
- Las piezas producen tensiones internas que originan deformaciones.

2.3.5 TOLERANCIAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN

La tabla 2.11 muestra datos de algunas máquinas y herramientas que representan una aproximación en la precisión a conseguir en la fabricación de piezas.

Tabla 2.11 Tolerancias en máquinas y herramientas.

Tipo de Máquina y Herramienta	Errores (μm)
Cepilladora	100
Fresadora	50
Torno Paralelo	20
Rectificadora	1 a 5
Super acabado y lapeado	0,5

Fuente: (Molina, 2008)

Para la presente investigación fue considerada la tolerancia dimensional en la fabricación de probetas de bocín mediante el torno manual, considerando que la tolerancia dimensional es el margen de error permitido.

La norma UNE 4-040-81 (ISO 286 (I)-62) presenta el sistema ISO de tolerancias para dimensiones nominales comprendidas entre 0 y 500mm.

La tolerancia nominal para el agujero se representa como: $T = D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}}$, siendo $D_{\text{máx}}$ y $D_{\text{mín}}$ las medidas máximas y mínimas permisibles en el diámetro del agujero. Por lo tanto, $\pm 20\mu\text{m}$ es el rango o campo de tolerancia permitida que incluye cualquier medida entre los límites máximos y mínimos.

3.3.6 RUGOSIDAD EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN

“La rugosidad es un parámetro que mide el acabado superficial de una pieza maquinada por torneado” (Gutierrez & López, 2014, p.31).

La tabla 2.12 muestra la rugosidad presente en máquinas para acabado de piezas en donde se identifica que para el proceso de torneado la rugosidad promedio es de entre 25 a $0.025 \mu\text{m}$.

Tabla 2.12 Rugosidad promedio - Ra μm .

Proceso	Rugosidad Ra μm													
	50	25	12.5	6.3	3.2	1.6	0.80	0.40	0.20	0.10	0.05	0.025	0.012	
Bruñido							■	■	■					
Cepillado		■	■	■	■	■								
Esmerilado						■	■	■	■	■	■			
Forjado		■	■	■	■	■								
Fresado		■	■	■	■	■	■	■						
Laminado en caliente	■	■	■											
Laminado en frío				■	■	■	■							
Lapidado							■	■	■	■	■	■		
Limado				■	■	■	■							
Mandrilado		■	■	■	■	■	■	■	■					
Oxicorte	■	■	■											
Rectificado				■	■	■	■	■	■	■	■	■		
Superacabado							■	■	■	■	■	■	■	
Taladrado			■	■	■	■								
Torneado		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
	Aplicación Frecuente										Aplicación menos frecuente			

Fuente: (Gutierrez & López, 2014)

Con el material seleccionado previamente y el dimensionamiento correcto se procedió a fabricar las probetas. El proceso de elaboración de probetas se realizó una vez especificada la tolerancia y la rugosidad del torno. El primer punto fue colocar el material que será maquinado, centrando y asegurando (figura 2.7).



Figura 2.7 Material para maquinado.

Posteriormente se coloca en el contrapunto una broca de 7/16 pulgadas, ya que es inferior al diámetro interior, se realiza una perforación a lo largo del material.



Figura 2.8 Colocación de broca en el contrapunto.

Una vez realizada la perforación se alinea el mandril con la torre porta herramienta y se procede a maquinar el material con una cuchilla de interiores para dar el diámetro interior sea de 12.064mm. El mismo procedimiento se realiza con una cuchilla de exteriores para que el diámetro exterior sea de 13.946mm.



Figura 2.9 Alineación del mandril.

Para terminar, con los diámetros establecidos se efectúa el corte a la longitud de 12mm para obtener la probeta de bocines. Este proceso se repite para la elaboración de 20 probetas de bocines de aluminio y 20 probetas de bronce.

2.4 PRUEBAS DE DESGASTE EN PROBETAS DE BOCINES

Las pruebas de desgaste se ejecutaron directamente en el motor de arranque cambiando la pieza original por la probeta y cada prueba consistió en ejecutar 1008 arranques en 10 probetas que corresponde a seis meses de funcionamiento del motor y 2016 arranques en las 10 probetas restantes que representan a 12 meses, este proceso se repite en los dos tipos de materiales seleccionados. Cada arranque tendrá una duración de dos segundos con un intervalo de tiempo de 30 minutos por cada 100 arranques para evitar el calentamiento del equipo y la descarga de la batería. Una vez terminadas las pruebas se realizó un análisis comparativo de desgaste entre los dos materiales.

2.4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN DE DESGASTE

Una vez realizada las pruebas de desgaste correspondientes a 6 y 12 meses de trabajos en las probetas de bocines de Aluminio y Bronce se realizó las medidas correspondientes en el diámetro interior de las probetas con el fin de determinar ovalamiento y conicidad.

2.4.1.1 Ovalamiento

Las medidas de ovalamiento se obtuvieron utilizando un micrómetro de interiores y un calibrador pie de rey. Se debe considerar 3 puntos de referencia para ejecutar la medición los cuales son: superior, intermedio e inferior.



Figura 2.10 Medición de ovalamiento.

Una vez obtenidas las dimensiones se resta la medida A de la media B y como resultado se encuentra el ovalamiento de la pieza.

2.4.1.2 Conicidad

Por condiciones de funcionamiento, la falta de lubricación y el incremento de temperatura provocan que la parte superior se desgaste más que la parte inferior a esta reducción de la pared del cilindro se lo conoce como conicidad.

Con la ayuda del calibrador de interiores se mide el diámetro de la pieza en la parte baja (zona de menor desgaste) en ángulos rectos y posteriormente se mide el diámetro de la parte superior (zona de mayor desgaste) y se comparan dimensiones (figura 2.11).



Figura 2.11 Medición de conicidad.

2.4.2 COMPARACIÓN DE DATOS

Una vez culminadas las pruebas de desgaste y la obtención de los datos correspondientes a las probetas se procedió a la comparación de medidas con la ayuda de programa informático Excel, puesto que este permite ejecutar cálculos básicos además de funciones matemáticas.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS

3.1 PUESTA A PUNTO DEL TORNO

El primer aspecto que se consideró en la investigación se basó en la puesta a punto de la estación de torno de la carrera de Ingeniería Automotriz, donde se fabricaron probetas de bocines hechos de Aluminio al Silicio 3xx.x y de Bronce Fosfórico S.A.E 640. Para el correcto funcionamiento del torno se realizó la corrección de las siguientes averías:

- Reparación de seguro de caja Norton: este permite templar la banda que se encuentra en el interior de la caja Norton debido a que es un sistema de combinación de engranajes y sirve para cambiar la relación y determinar el paso de la pieza a roscar.



Figura 3.1 Seguro caja Norton.

- Reparación de seguro del contrapunto: este seguro impide el movimiento del contrapunto una vez instalada la herramienta con la que se realizó el trabajo, en este caso una broca.



Figura 3.2 Seguro de contrapunto.

- Puesta a punto del motor eléctrico: el motor eléctrico es el encargado de generar el movimiento en el equipo, por lo que un correcto funcionamiento es adecuado para realizar los trabajos de maquinado.



Figura 3.3 Motor eléctrico.

- Puesta a punto de la bomba hidráulica: debido a la presencia de fricción, desgaste y temperatura en el proceso, es indispensable el contar con lubricación y un sistema de refrigeración para desarrollar los procesos de manufactura. Por tal motivo el correcto funcionamiento de la bomba hidráulica es indispensable para la elaboración de las probetas de bocines.



Figura 3.4 Bomba hidráulica.

- Cambio de switch de encendido: para este caso el switch de encendido cumple dos funciones importantes: la primera es encender el equipo permitiendo el paso de corriente y la segunda es determinar el sentido de giro, es decir, si es horario o antihorario dependiendo de los requerimientos del proceso.



Figura 3.5 Switch de encendido.

- Cambio de rodamientos: debido al constante al trabajo del torno es importante el cambio de los rodamientos y realizar una correcta lubricación, con lo cual se cuida el estado de ejes evitando inconvenientes severos posteriores.

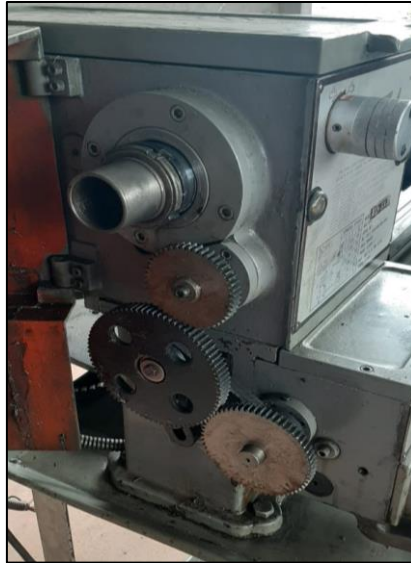


Figura 3.6 Rodamientos.

- Cambio de condensador: para que el sistema eléctrico se encuentre protegido es importante contar con un condensador en óptimas condiciones, el cual almacene energía además de trabajar como interruptor.



Figura 3.7 Condensador.

- Cambio de bandas de transmisión: la función que cumple esta banda es el transmitir el movimiento entre dos poleas, por lo cual el estado en que se

encuentra es muy importante, ya que puede existir la presencia de vibraciones y afectar a otros componentes.



Figura 3.8 Bandas de transmisión.

- Adaptación de drenaje: este sistema se implementó por la necesidad de recircular el fluido que es utilizado para refrigerar y lubricar los materiales a trabajar en el torno.



Figura 3.9 Drenaje.

- Adaptación de contra punto: la falta de herramientas para el torno dificulta el desarrollo de trabajos en el mismo, por lo cual, se realizó la adaptación y modificación con el fin de contrarrestar esta problemática.



Figura 3.10 Contra punto.

- Adaptación de switch de paro de emergencia: este dispositivo corta la energía de alimentación y para el equipo al presentarse un inconveniente. La exposición a que suceda un accidente es inevitable, aún más si no se toman las medidas de seguridad adecuadas, por lo cual al trabajar con estos equipos se debe realizar con la mayor seriedad y responsabilidad del caso.



Figura 3.11 Switch de emergencia.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE BOCÍN

Con el bocín extraído del motor de arranque se realizó las mediciones con la ayuda un pie de rey y un micrómetro de interiores, en donde se consideró el diámetro interior, diámetro exterior y largo con equipos para el dimensionamiento y la fabricación del cuerpo.



Figura 3.12 Medición largo del bocín.

Se realizó cinco mediciones a cada parámetro con el fin de realizar un promedio y evitar errores en el dimensionamiento. Como resultado de este proceso las dimensiones obtenidas del bocín original se presentan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Tabla de medidas.

Característica	Grosor (mm)	Largo (mm)	Diámetro (mm)	
			Interior	Exterior
Dimensión 1	1.88	12	12.06	13.94
Dimensión 2	1.9	12	12.06	13.96
Dimensión 3	1.88	12	12.07	13.94
Dimensión 4	1.87	12	12.06	13.95
Dimensión 5	1.88	12	12.07	13.94
PROMEDIO	1.882	12	12.064	13.946

La tabla 3.1 muestra las dimensiones correspondientes al bocín original, teniendo en cuenta el promedio de las medidas para la elaboración de las probetas.

3.3 FABRICACIÓN DE PROBETAS

Una vez obtenido el promedio de las dimensiones del bocín original y definida la tolerancia de la pieza se procedió a la fabricación de las probetas de aluminio y bronce, las cuales reemplazarán al bocín original en las pruebas de desgaste.



Figura 3.13 Fabricación de probetas en el torno.

De acuerdo con las medidas especificadas se fabricaron 20 probetas de Aluminio al Silicio 3xx.x y 20 probetas de Bronce Fosfórico SAE 640, el equipo que se utilizó en la fabricación de probetas fue el torno de marca TIDA de banco, modelo TD-5AH. El coste de fabricación es de \$3 para cada probeta de bronce dando un total de \$60; para el caso del aluminio el valor por probeta es de \$2 generando un total de \$40.



Figura 3.14 Probetas de aluminio y bronce elaboradas.

3.4 PRUEBAS DE DESGASTE EN PROBETAS DE BOCINES

Los parámetros considerados para realizar las pruebas de desgaste fueron determinados en base a la tabulación de la encuesta realizada a una muestra determinada del cantón Ibarra.

- **¿Posee usted vehículo?**

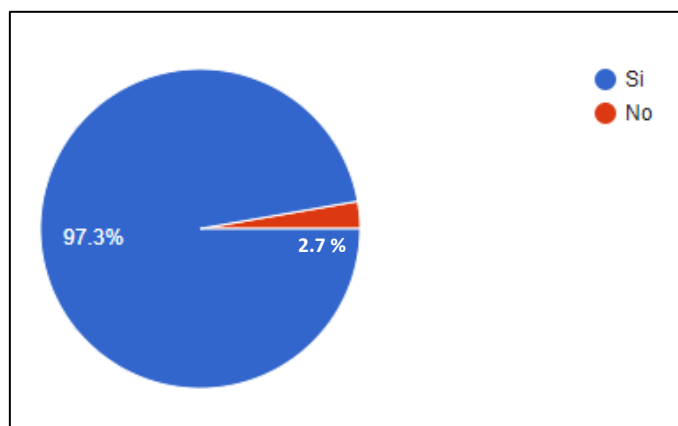


Figura 3.15 Tabulación pregunta 1.

El 97.3% de la población encuestada respondieron que poseen un vehículo y el 2.7% restante respondió que no cuentan con uno, por lo tanto, para la tabulación de las siguientes preguntas se consideró las respuestas afirmativas.

- **¿Con qué frecuencia utiliza su vehículo en el transcurso de la semana?**

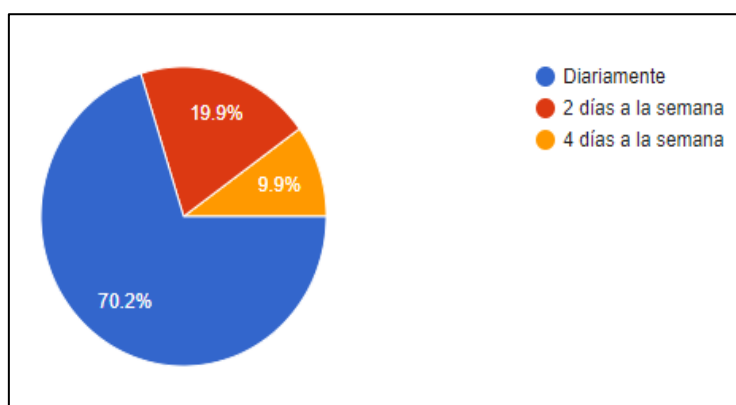


Figura 3.16 Tabulación pregunta 2.

El 70.2 % de la muestra manifiesta que utiliza de manera diaria su vehículo, el 19.9 % lo realiza dos veces a la semana y un 9.9% en cuatro días a la semana, lo cual demuestra

que el vehículo es utilizado de manera diaria, por lo tanto implica un mayor desgaste en sus componentes.

- **¿Cuántas veces enciende su vehículo en el día?**

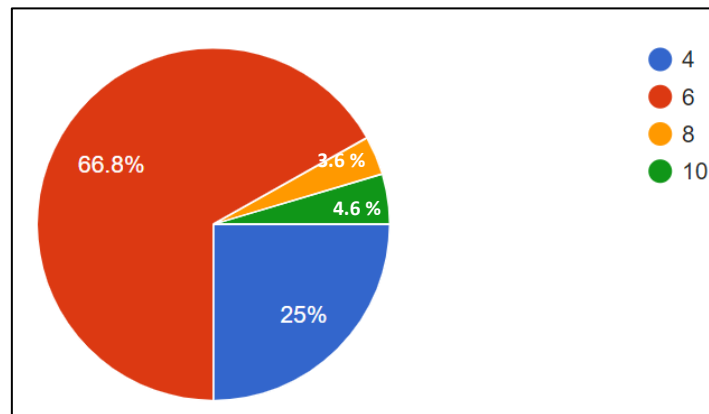


Figura 3.17 Tabulación pregunta 3.

El 66.8% de las encuestas realizadas afirma que enciende su vehículo 6 veces en el día, un 25% lo enciende cuatro veces de forma diaria y un mínimo de 3.6% y 4.6% lo realizan ocho y diez veces respectivamente por lo tanto para la presente investigación se consideró 6 arranques diarios en un lapso de tiempo de seis y doce meses de trabajo.

- **¿Cuál es el tiempo aproximado que su vehículo se demora en arrancar?**

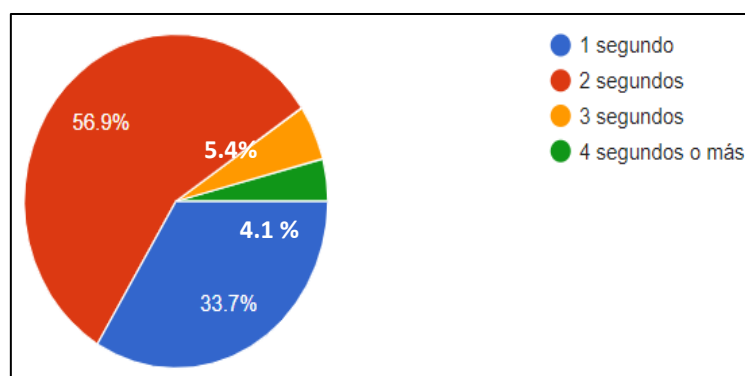


Figura 3.18 Tabulación pregunta 4.

El 56.9% de las personas encuestadas seleccionó que el tiempo que se demora en arrancar su vehículo es de dos segundos, un 33.7% afirma que la duración es de un

segundo, otro 5.4% mencionó tres segundos y el restante 4.1% optó por un encendido tardío de 4 segundos o más. Por consiguiente, el tiempo seleccionado para las pruebas de desgaste en las probetas de bocines es de dos segundos.

Las pruebas realizadas en las probetas de bocines se ejecutaron en una maqueta (figura 3.19) con el proceso descrito en la metodología de investigación y de acuerdo con los datos de la encuesta realizada.



Figura 3.19 Pruebas de desgaste.

3.5 MEDICIONES DE DESGASTE EN PROBETAS

Para determinar el ovalamiento se realizó dos medidas transversales en la parte superior, intermedia e inferior a lo largo de la probeta de bocin. Para determinar la presencia de ovalamiento se resta las medidas, si la respuesta es cero el desgaste es uniforme mientras que en caso contrario si el resultado no es igual a cero el desgaste es incorrecto y existe ovalamiento.



Figura 3.20 Medición ovalamiento.

La conicidad se estableció restando la medida del diámetro superior con el inferior. Si el resultado es cero el desgaste a lo largo del cilindro es uniforme y no presenta conicidad, en caso de ser diferente a cero el resultado, se debe a problemas en desgaste desigual provocando conicidad.



Figura 3.21 Medición conicidad.

3.5.1 BOCÍN BRONCE FOSFÓRICO SAE 640

Las pruebas realizadas en las probetas de bocines de Aluminio y Bronce se ejecutaron en los meses de julio, agosto y septiembre del 2020, el desgaste en las probetas se puede evidenciar en el Anexo V.

3.5.1.1 Ovalamiento - 6 meses

En la tabla 3.2 se observa las medidas realizadas para determinar el número de probetas que presentan ovalamiento una vez terminada la fase de pruebas correspondientes a un período de tiempo de 6 meses.

Las probetas presentan ovalamiento en la parte superior, intermedia e inferior, debido a la variación en las medidas de desgaste, mientras tanto si la diferencia entre la medida 1 y la medida 2 es cero se llegó a la conclusión que el desgaste en la pieza es uniforme y no existe ovalamiento. La presencia de desgaste en el bocín se genera en un rango de centésimas de milímetros, lo que provoca que el desgaste en la pieza sea mínimo.

Tabla 3.2 Probetas Bronce Fosfórico - Ovalamiento en 6 meses de trabajo.

PROBETA	PARTE SUPERIOR (mm)			PARTE INTERMEDIA (mm)			PARTE INFERIOR (mm)		
	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.
1	12,07	12,06	0,01	12,07	12,06	0,01	12,06	12,06	0
2	12,07	12,07	0	12,07	12,07	0	12,07	12,07	0
3	12,06	12,06	0	12,07	12,07	0	12,06	12,06	0
4	12,07	12,07	0	12,06	12,06	0	12,07	12,06	0,01
5	12,07	12,07	0	12,07	12,07	0	12,07	12,06	0,01
6	12,07	12,06	0,01	12,07	12,07	0	12,06	12,06	0
7	12,06	12,06	0	12,07	12,06	0,01	12,07	12,07	0
8	12,07	12,07	0	12,06	12,06	0	12,07	12,07	0
9	12,07	12,06	0,01	12,07	12,07	0	12,06	12,06	0
10	12,07	12,07	0	12,07	12,06	0,01	12,06	12,06	0

3.5.1.2 Conicidad - 6 meses

La comparación de la medida superior con respecto a la inferior se realiza con el fin de verificar la existencia de conicidad en la probeta, tabla 3.3.

Tabla 3.3 Probetas Bronce Fosfórico - Conicidad en 6 meses de trabajo.

PROBETAS	MEDIDA 1 (mm)			MEDIDA 2 (mm)		
	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR	RESULT.	PARTE SUPERIO	PARTE INFERIOR	RESULT.
1	12,07	12,06	0,01	12,06	12,06	0
2	12,07	12,07	0	12,07	12,07	0
3	12,06	12,06	0	12,06	12,06	0
4	12,07	12,07	0	12,07	12,06	0,01
5	12,07	12,07	0	12,07	12,06	0,01
6	12,07	12,06	0,01	12,06	12,06	0
7	12,06	12,07	0,01	12,06	12,07	0,01
8	12,07	12,07	0	12,07	12,07	0
9	12,07	12,06	0,01	12,06	12,06	0
10	12,07	12,06	0,01	12,07	12,06	0,01

Gracias a las mediciones realizadas en las pruebas de desgaste se pudo determinar que en la medida 1, cinco probetas presentan un desgaste uniforme, mientras que en la medida 2 son seis, por lo tanto no existe conicidad en estas. Las probetas restantes muestran conicidad con una variación de 0,01 mm.

3.5.1.3 Ovalamiento – 12 meses

Los resultados de la fase de pruebas correspondientes a un período de tiempo de 12 meses se presentan en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Probetas Bronce Fosfórico- Ovalamiento en 12 meses de trabajo.

PROBETAS	PARTE SUPERIOR (mm)			PARTE INTERMEDIA (mm)			PARTE INFERIOR (mm)		
	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.
1	12,08	12,08	0	12,08	12,09	0,01	12,08	12,08	0
2	12,08	12,09	0,01	12,09	12,09	0	12,08	12,08	0
3	12,09	12,08	0,01	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
4	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0	12,07	12,07	0
5	12,10	12,08	0,02	12,08	12,09	0,01	12,08	12,08	0
6	12,08	12,09	0,01	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
7	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01	12,07	12,08	0,01
8	12,08	12,09	0,01	12,09	12,09	0	12,08	12,07	0,01
9	12,09	12,09	0	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
10	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01	12,08	12,07	0,01

En los datos de la parte superior un 50% de las probetas presentan diferencia en las medidas generando ovalamiento, mientras que el otro 50% de las medidas son iguales de manera que el desgaste es uniforme. En la parte intermedia el 40% de las probetas exhiben ovalamiento y el 60% restante no. Por último en la parte inferior en un 30% de las muestras se generó ovalamiento dejando al 70% con un desgaste uniforme.

Como se muestra en las diferentes medidas la variación de desgaste entre 6 y 12 meses es de 0,01 mm a 0,02 mm y con respecto al bocín original es $\leq 0,01\text{mm}$ y $\leq 0,04\text{ mm}$ respectivamente.

3.5.1.4 Conicidad – 12 meses

El análisis de las medidas realizadas en las probetas de bocines para determinar la conicidad en un tiempo correspondiente a 12 meses de funcionamiento se muestran en la tabla 3.5.

Tabla 3.5 Probetas Bronce Fosfórico- Conicidad en 12 meses de trabajo.

PROBETA	MEDIDA 1 (mm)			MEDIDA 2 (mm)		
	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR	RESULT.	PARTE SUPERIO	PARTE INFERIOR	RESULT.
1	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
2	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01
3	12,09	12,08	0,01	12,08	12,08	0
4	12,08	12,07	0,01	12,08	12,07	0,01
5	12,10	12,08	0,02	12,08	12,08	0
6	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01
7	12,08	12,07	0,01	12,08	12,08	0
8	12,08	12,08	0	12,09	12,07	0,02
9	12,09	12,08	0,01	12,09	12,08	0,01
10	12,08	12,08	0	12,08	12,07	0,01

La conicidad en la medida 1 se generó en un 50% de las probetas y en la medida 2 la comparación entre la parte superior e inferior indica que 60% de la muestra trabajada presenta conicidad, mientras que el 40% tiene un desgaste uniforme.

3.5.2 Bocín Aluminio al Silicio 3xx.x

A continuación, se muestran los datos obtenidos en las pruebas de desgaste correspondientes a los bocines de Aluminio al Silicio 3xx.x.

3.5.2.1 Ovalamiento - 6 meses

El proceso de comparación de medidas correspondientes a las probetas de bocín de aluminio se realizó de la misma forma que en el bronce .

Como resultado del análisis de desgaste en las probetas de bocines de aluminio en el tiempo de 6 meses se obtiene que 30% de las muestras presentan un desgaste totalmente uniforme, mientras que el 70% tienen ovalamiento en la parte superior siendo la zona de mayor desgaste. En la parte intermedia e inferior el ovalamiento se genera en un 50% y 30% respectivamente (tabla 3.6).

Tabla 3.6 Probetas Aluminio al Silicio – Ovalamiento en 6 meses de trabajo.

PROBETA	PARTE SUPERIOR (mm)			PARTE INTERMEDIA (mm)			PARTE INFERIOR (mm)		
	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.
1	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0	12,07	12,07	0
2	12,07	12,09	0,02	12,09	12,08	0,01	12,08	12,07	0,01
3	12,08	12,09	0,01	12,08	12,09	0,01	12,08	12,08	0
4	12,08	12,07	0,01	12,09	12,09	0	12,07	12,07	0
5	12,09	12,08	0,01	12,09	12,08	0,01	12,09	12,08	0,01
6	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
7	12,09	12,08	0,01	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
8	12,07	12,09	0,02	12,08	12,09	0,01	12,07	12,08	0,01
9	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01	12,07	12,07	0
10	12,09	12,07	0,02	12,09	12,09	0	12,07	12,07	0

3.5.2.2 Conicidad – 6 meses

La tabla 3.7 muestra la comparación de las medidas superior e inferiores para determinar la conicidad en las probetas de bocines que corresponde a 6 meses de pruebas donde se observa que en las probetas dos y diez existe una variación en la medida de 0,02 mm incrementado el desgaste en la pieza.

Tabla 3.7 Probetas Aluminio al Silicio – Conicidad en 6 meses de trabajo.

PROBETA	MEDIDA 1 (mm)			MEDIDA 2 (mm)		
	PARTE SUPERIOR	PARTE INFERIOR	RESULT.	PARTE SUPERIO	PARTE INFERIOR	RESULT.
1	12,08	12,07	0,01	12,08	12,07	0,01
2	12,07	12,08	0,01	12,09	12,07	0,02
3	12,08	12,08	0	12,09	12,08	0,01
4	12,08	12,07	0,01	12,07	12,07	0
5	12,09	12,09	0	12,08	12,08	0
6	12,08	12,08	0	12,08	12,08	0
7	12,09	12,08	0,01	12,08	12,08	0
8	12,07	12,07	0	12,09	12,08	0,01
9	12,08	12,07	0,01	12,08	12,07	0,01
10	12,09	12,07	0,02	12,07	12,07	0

3.5.2.3 Ovalamiento – 12 meses

Las medidas realizadas para determinar el número de probetas que presentan ovalamiento una vez terminada la fase de pruebas correspondientes a un período de tiempo de 12 meses se presenta en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Probetas Aluminio al Silicio – Ovalamiento en 12 meses de trabajo.

PROBETA	PARTE SUPERIOR (mm)			PARTE INTERMEDIA (mm)			PARTE INFERIOR (mm)		
	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.	MED. 1	MED. 2	RESULT.
1	12,11	12,10	0,01	12,11	12,10	0,01	12,11	12,10	0,01
2	12,10	12,10	0	12,11	12,11	0	12,10	12,10	0
3	12,11	12,10	0,01	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0
4	12,11	12,11	0	12,10	12,11	0,01	12,10	12,11	0,01
5	12,10	12,11	0,01	12,10	12,10	0	12,11	12,10	0,01
6	12,10	12,11	0,01	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0
7	12,11	12,10	0,01	12,10	12,11	0,01	12,10	12,10	0
8	12,11	12,11	0	12,11	12,11	0	12,11	12,10	0,01
9	12,10	12,11	0,01	12,11	12,10	0,01	12,10	12,11	0,01
10	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0	12,10	12,10	0

Como resultado un 90% de las probetas presenta un desgaste irregular de 0.01 milímetros en la parte superior, intermedia o inferior, mientras que el 1% restante tiene un desgaste uniforme.

3.5.2.4 Conicidad - 12 meses

La tabla 3.9 muestra los datos obtenidos para determinar la conicidad en las probetas.

La mitad de las muestras trabajadas presenta un desgaste uniforme por lo cual no tienen conicidad en la medida 1, mientras que un 50% indica una variación. En la medida 2 un 30% de las probetas trabajadas muestran conicidad y el 70% restante no, debido a su desgaste uniforme en el cilindro.

Tabla 3.9 Probetas Aluminio al Silicio – Conicidad en 12 meses de trabajo.

PROBETA	MEDIDA 1 (mm)			MEDIDA 2 (mm)		
	PARTE SUPERIO	PARTE INFERIOR	RESULT.	PARTE SUPERIO	PARTE INFERIOR	RESULT.
1	12,11	12,11	0	12,10	12,10	0
2	12,10	12,10	0	12,10	12,10	0
3	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0
4	12,11	12,10	0,01	12,11	12,11	0
5	12,10	12,11	0,01	12,11	12,10	0,01
6	12,10	12,10	0	12,11	12,10	0,01
7	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0
8	12,11	12,11	0	12,11	12,10	0,01
9	12,10	12,10	0	12,11	12,11	0
10	12,11	12,10	0,01	12,10	12,10	0

3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.

3.6.1 DESGASTE – 6 MESES

En base a los resultados de las pruebas realizadas se elaboró un promedio para determinar el desgaste general en las probetas correspondientes a 6 meses de trabajo con el fin de comparar el Bronce Fosfórico SAE 640 y el Aluminio al Silicio 3xx.x.

Tabla 3.10 Comparación de medidas – 6 meses.

BOCÍN BRONCE FOSFÓRICO SAE 640 - 6 MESES						
PROBETAS	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
1	12,07	12,06	12,07	12,06	12,06	12,06
2	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07
3	12,06	12,06	12,07	12,07	12,06	12,06
4	12,07	12,07	12,06	12,06	12,07	12,06
5	12,07	12,07	12,07	12,07	12,07	12,06
6	12,07	12,06	12,07	12,07	12,06	12,06
7	12,06	12,06	12,07	12,06	12,07	12,07
8	12,07	12,07	12,06	12,06	12,07	12,07
9	12,07	12,06	12,07	12,07	12,06	12,06
10	12,07	12,07	12,07	12,06	12,06	12,06
PROMEDIO	12,068	12,065	12,068	12,065	12,065	12,063

BOCÍN ALUMINIO AL SILICIO 3XX.X - 6 MESES						
PROBETAS	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
1	12,08	12,08	12,08	12,08	12,07	12,07
2	12,07	12,09	12,09	12,08	12,08	12,07
3	12,08	12,09	12,08	12,09	12,08	12,08
4	12,08	12,07	12,09	12,09	12,07	12,07
5	12,09	12,08	12,09	12,08	12,09	12,08
6	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
7	12,09	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
8	12,07	12,09	12,08	12,09	12,07	12,08
9	12,08	12,08	12,09	12,08	12,07	12,07
10	12,09	12,07	12,09	12,09	12,07	12,07
PROMEDIO	12,081	12,081	12,085	12,084	12,076	12,075

La tabla 3.11 presenta los promedios resultantes de la comparación de medidas de desgaste.

Tabla 3.11 Comparación de promedios – 6 meses.

PROBETAS	MEDIDA ORIGINAL	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
		MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
Bronce Fosfórico SAE 640	12,06	12,068	12,065	12,068	12,065	12,065	12,063
Aluminio al Silicio 3xx.x	12,06	12,081	12,081	12,085	12,084	12,076	12,075

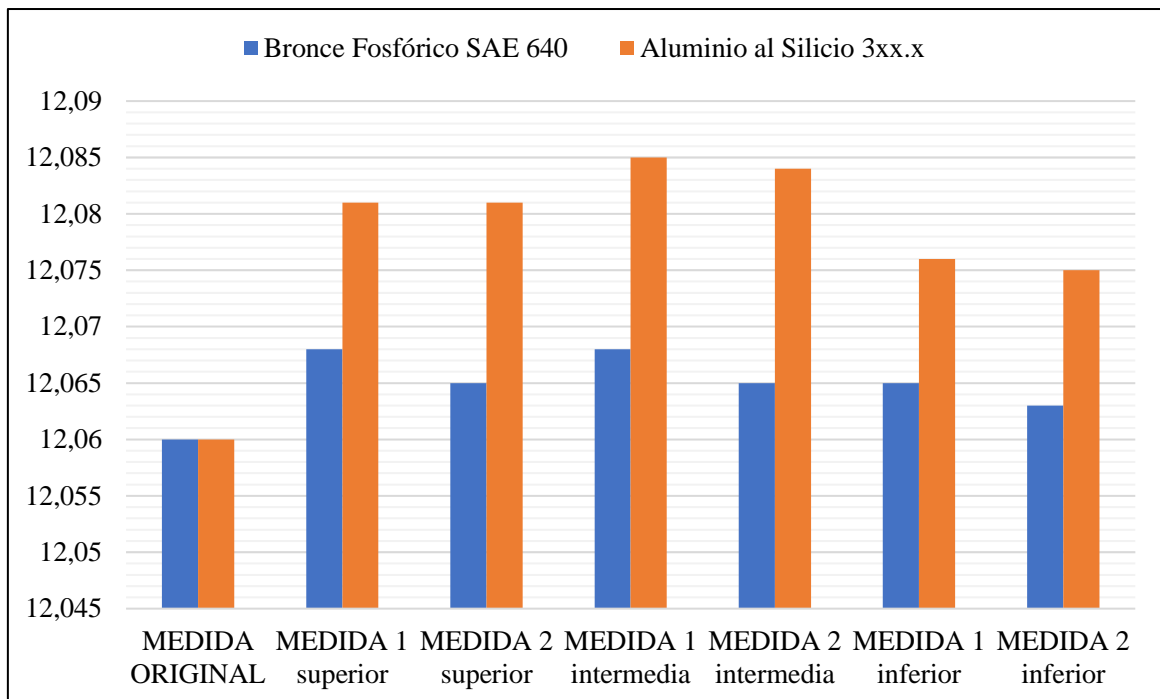


Figura 3.22 Comparación de desgaste Bronce Fosfórico SAE 640 con relación al Aluminio al Silicio 3xx.x - 6 meses.

Para un tiempo de trabajo de 6 meses el Aluminio al Silicio 3xx.x exhibe un desgaste de 0.02 mm mientras que el Bronce Fosfórico SAE 640 de 0.006 mm con respecto a la medida original, presentando una diferencia de 0.013 mm entre los materiales de prueba (figura 3.22).

3.6.2 DESGASTE – 12 MESES

Con el promedio resultante de las medidas realizadas a las probetas en 12 meses de trabajo, se realizó la comparación entre Bronce Fosfórico SAE 640 y el Aluminio al Silicio 3xx.x para establecer que material muestra menor desgaste (tabla 3.12).

Tabla 3.12 Comparación de medidas – 12 meses.

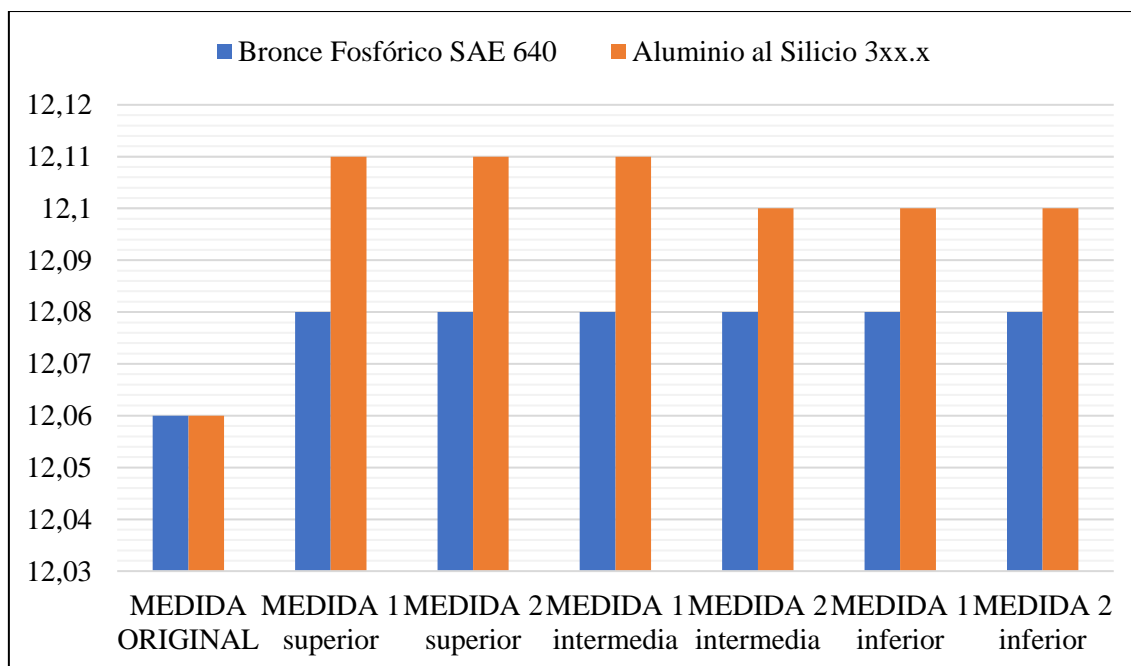
BOCÍN BRONCE FOSFÓRICO SAE 640 - 12 MESES						
PROBETAS	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
1	12,08	12,08	12,08	12,09	12,08	12,08
2	12,08	12,09	12,09	12,09	12,08	12,08
3	12,09	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
4	12,08	12,08	12,08	12,08	12,07	12,07
5	12,10	12,08	12,08	12,09	12,08	12,08
6	12,08	12,09	12,08	12,08	12,08	12,08
7	12,08	12,08	12,09	12,08	12,07	12,08
8	12,08	12,09	12,09	12,09	12,08	12,07
9	12,09	12,09	12,08	12,08	12,08	12,08
10	12,08	12,08	12,09	12,08	12,08	12,07
PROMEDIO	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
BOCÍN ALUMINIO AL SILICIO 3XX.X 12 MESES						
PROBETAS	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
1	12,11	12,10	12,11	12,10	12,11	12,10
2	12,10	12,10	12,11	12,11	12,10	12,10
3	12,11	12,10	12,11	12,10	12,10	12,10
4	12,11	12,11	12,10	12,11	12,10	12,11
5	12,10	12,11	12,10	12,10	12,11	12,10
6	12,10	12,11	12,11	12,10	12,10	12,10
7	12,11	12,10	12,10	12,11	12,10	12,10
8	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,10
9	12,10	12,11	12,11	12,10	12,10	12,11
10	12,11	12,10	12,10	12,10	12,10	12,10
PROMEDIO	12,11	12,11	12,11	12,10	12,10	12,10

La tabla 3.13 presenta los promedios resultantes de la comparación de medidas de desgaste.

Tabla 3.13 Comparación de promedios – 12 meses.

MEDIDAS DE DESGASTE - 12 MESES							
PROBETAS	MEDIDA ORIGINAL	PARTE SUPERIOR (mm)		PARTE INTERMEDIA (mm)		PARTE INFERIOR (mm)	
		MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2	MED. 1	MED. 2
Bronce Fosfórico SAE 640	12,06	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08	12,08
Aluminio al Silicio 3xx.x	12,06	12,11	12,11	12,11	12,10	12,10	12,10

La diferencia entre desgaste del Aluminio al Silicio 3xx.x con respecto al Bronce Fosfórico SAE 640 es de 0.025 mm, esto se debe a que existe un desgaste con respecto a la medida original de 0.045 mm y 0.02 mm respectivamente en un período de trabajo de 12 meses (figura 3.23).

**Figura 3.23** Comparación de desgaste Bronce Fosfórico SAE 640 con relación al Aluminio al Silicio 3xx.x - 12 meses.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- El acabado superficial en las probetas de bocines durante el proceso de fabricación se logró al realizar un mantenimiento y calibración en los componentes del torno marca TIDA modelo TD-5AH de banco implementado desde 1990 en el taller de manufactura de la carrera de Ingeniería Automotriz.
- Se redujo el riesgo de error en el dimensionamiento de probetas de bocines con la utilización de un micrómetro y calibrador pie de rey digital con una precisión de 0.01mm al ejecutar un promedio de 5 medidas en cada parte de la pieza y su simulación en SolidWorks.
- En el proceso de fabricación de probetas de bocines se presentaron piezas que no contaban con el dimensionamiento establecido, esto se debe a la tolerancia de $\pm 20\mu\text{m}$ generada por el torno de marca TIDA modelo TD-5AH por lo cual, se revisó cada pieza elaborada y se descartó las que presentaron fallas.
- Al ejecutar las pruebas de desgaste se determinó que el motor de arranque del vehículo Aveo al ser sometido a 100 arranques consecutivos generó un calentamiento en la bobina del inducido y una mayor velocidad de deterioro en los carbones.
- El Bronce Fosfórico SAE 640 en un periodo de trabajo de 6 meses presentó un desgaste de 0.006mm y en 12 meses exhibió un desgaste de 0.02mm con respecto a la medida original mientras que el Aluminio al Silicio 3xx.x en un período de trabajo de 6 meses expuso un desgaste de 0.02mm y en 12 meses manifestó un desgaste de 0.045mm, por lo tanto, el Bronce Fosfórico SAE 640 posee una mayor resistencia al desgaste en comparación con el Aluminio al Silicio 3xx.x.

4.2 RECOMENDACIONES

- Para aumentar la precisión y el acabado superficial en las probetas de bocines durante el proceso de fabricación se propone el uso de un torno CNC.
- Comprobar la calibración de manera constante según las especificaciones del fabricante y la exactitud con la que se requiera medir en los equipos pie de rey y micrómetro para asegurar el correcto dimensionamiento del cuerpo.
- Usar diferentes materiales en la fabricación de probetas de bocines con el fin de comparar sus propiedades y seleccionar cual material es el adecuado de acuerdo con la aplicación en la industria automotriz.
- En posteriores estudios se recomienda ejecutar los procesos de pruebas de desgaste con la carga real del vehículo y con un número de arranques inferiores a 100 para evitar el calentamiento en la bobina del inducido.
- Con el fin de alargar la vida útil del bocín del motor de arranque se recomienda fabricar la pieza en Bronce Fosfórico SAE 640, debido a que sus propiedades muestran una mayor resistencia al desgaste en comparación al Aluminio al Silicio 3xx.x.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acurio, L. (2014). "PROCESO PARA LA OBTENCIÓN DE BRONCE FOSFÓRICO EN EL TALLER DE FUNDICIÓN DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO Y SUS APLICACIONES EN LA INDUSTRIA".
- Aguilar, S. (2005). Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud En Tabasco*, 2–7. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/487/48711206.pdf>
- Almendariz, M. (2018). *Bronce Fosfórico*. 7–10. Retrieved from <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/9503>
- Álvares, G. M. (2019). *Evaluación de las propiedades mecánicas de la aleación de aluminio 2024 de uso comercial expuesta a fragilización por hidrógeno*.
- Andrade-Tacca, C. A., Veliz Llayqui, N. E., & Medina- Caceres, C. F. (2019). ANÁLISIS DE DUREZA Y RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE UN COMPUESTO DE MATRIZ METÁLICA Al-SiO₂, UTILIZANDO LATAS DE ALUMINIO Y CÁSCARA DE ARROZ COMO MATERIA PRIMA. *Revista Boliviana de Química*, 2(36.2), 60–72. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.36.2.1>
- Andrade, A. I. P. (2014). *Diseño y construcción de un sistema de pruebas para motores de arranque y alternadores de vehículos livianos*. 2(5), 104. Retrieved from ???
- Ariza Elena, J. (2012). *Mantenimiento del sistema de carga con alternador (MF0626_2)*. IC Editorial.
- Armijo, J. M. (2018). *Operaciones de mecanizado por medios automáticos (2° Edición)*. Retrieved from [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aRqNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=cuchilla+de+vidia+para+tornear&ots=G6rtalIB98&sig=0pg_GcBZFL6crKi19VDxY1sVzx4#v=onepage&q=cuchilla de vidia para torneare&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=aRqNDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=cuchilla+de+vidia+para+tornear&ots=G6rtalIB98&sig=0pg_GcBZFL6crKi19VDxY1sVzx4#v=onepage&q=cuchilla+de+vidia+para+tornear&f=false)
- ASOCAE. (2013). ELECTRICIDAD: Magnetismo y electromagnetismo . Retrieved October 20, 2020, from <https://natureduca.com/fisica-electricidad-magnetismo-y-electromagnetismo-05.php>
- Automotrices, A. de E. (2019). *Asociación de Empresas Automotrices del Ecuador*. (1). <https://doi.org/10.16309/j.cnki.issn.1007-1776.2003.03.004>
- Ballesteros, L. M. (2019). *SUPERFICIES DETERMINÍSTICAS BIOINSPIRADAS PARA DISMINUCIÓN DE FRICCIÓN EN PARES TRIBOLÓGICOS POLÍMERO-*

METAL.

- Bartsch, W. (1981). *Alrededor del torno*. Editorial Reverté.
- Bastida Ferra Rolando. (2005). *Propiedades de los Materiales II*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3191575&query=propiedades%2Bdel%2Baluminio>
- Benavidez, D., & Ortega, A. (2012). *ANÁLISIS DE LOS ÁNGULOS DE CORTE Y MATERIALES REFERENTES A UNA RECTIFICADORA “ VAN NORMAN 103 ” DE DISCOS Y TAMBORES PARA VEHICULOS LIVIANOS*.
- Bistram, M. (2018). *Ficha técnica Aleación de aluminio AW-Al MgSi*. 1–4.
- Bonino, L. A. (2019). *Reconstrucción de una bomba axial de eje vertical*.
- Brostow, W., Deborde, J.-L., Jaklewicz, M., & Olszynski, P. (2004). *TRIBOLOGÍA CON ÉNFASIS EN POLÍMEROS: FRICCIÓN, RESISTENCIA AL RAYADO Y AL DESGASTE*. *North*, 25.
- Callister, W., & Rethwisch, D. (2017). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Retrieved August 12, 2020, from https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=WYfyDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR18&dq=materiales,+tipos+y+propiedades+&ots=fLvjl5TtC&sig=P_pOTjJvTBOFgk__-AjYBsoeRNs#v=onepage&q&f=false
- Calsina Fleta, M. (2011). *Sistemas de carga y arranque*. Macmillan Iberia.
- Calsina, M. (2008). *Circuitos electrotécnicos básicos : sistemas de carga y arranque del vehículo*. Macmillan Iberia.
- Castellano, C. (2010, June 7). *El Aluminio y sus aleaciones, historia y tecnología*. Retrieved August 12, 2020, from <https://studylib.es/doc/1176770/el-aluminio-y-sus-aleaciones--historia-y-tecnología--dr.->
- Charco Zambrano, J. L. (2017). *Fabricación de un prototipo de block de motor de combustión interna de dos tiempos por manufactura aditiva indirecta con una aleación de aluminio al silicio*. Retrieved from <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18849>
- Cordero, P., & Sanchez, M. (2015). *Diseño y construcción de un banco didáctico para comprobar motores de arranque y alternadores*. 1, 157.
- Díaz, L. A. (2011). *CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DEL MOLINETE UNIVERSAL PARA LA MEDICIÓN DE LA VELOCIDAD DEL AGUA EN RÍOS, BASADO EN EL MOLINETE UNIVERSAL UTILIZADO EN EL INAMHI*.
- Echeverría, I., & Carrasquilla, J. (2007). *Influencia de la composición y el tratamiento*

- térmico en las propiedades mecánicas de aleaciones de bronce al aluminio. *Revista de Metalurgia (Madrid)*, 43(4), 272–283.
<https://doi.org/10.3989/revmetalm.2007.v43.i4.73>
- Erazo, C. (2015). *DIMENSIONAMIENTO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA MÁQUINA AFILADORA DE HERRAMIENTAS PARA TORNO*.
- Falconi, I., & Factos, S. (1996). *Fabricación de la aleación bronce al silicio bajo norma americana UNS C87200 (SAE J462)*.
- Farías, J. C. (2015). *Diseño e implementación de un plan de lubricación para máquinas y equipos*. Retrieved from
[https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12186/3/FARIAS MEZA JUAN CARLOS.pdf](https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/12186/3/FARIAS_MEZA_JUAN_CARLOS.pdf)
- Freire, A. (2017). *Diseño y Construcción del Herramental de Matricería para un Sistema de Conformado Mecánico por Embutición para la Fabricación de Latas de Aluminio con Alto Relieve*. (Figura 1), 4–9.
- Godoy, R., & Maza, A. (2009). EVALUACIÓN DE LA VIDA ÚTIL EN UNA HERRAMIENTA DE CORTE EN EL MECANIZADO DE PIEZAS EN BRONCE FOSFOROSO.
- Gutiérrez, M. S. (2017). *ic editorial* (1 Edición). Retrieved from
<https://eltrasteroloco.files.wordpress.com/2017/04/mantenimiento-del-sistema-de-arraque-del-motor-del-vehc3adculo-tm.pdf>
- Gutierrez, Y., & López, K. (2014). *ESTUDIO DE RUGOSIDAD EN MAQUINADO POR EL PROCESO DE TORNEADO EN CLIMET LTDA. BASADO EN LAS NORMAS ISO DE RUGOSIDAD*. Retrieved from
<http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/1/781/TMEC1115.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Heather N. Lechtman, & and Andrew W. Macfarlane. (2006). La metalurgia del bronce en los Andes Sur Centrales. Retrieved January 9, 2020, from
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3169304&query=bronce%2B>
- Herbert L. Nichols, J. (1993). *Manual de Reparación y Mantenimiento de Maquinaria Pesada* . Retrieved from
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3193939&query=bujes%2B>
- Hidalgo, A. J., & Morales, D. F. (2019). *“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN*

EQUIPO PARA LA DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS DE CARGA POR FRICCIÓN EN TUBERÍAS Y EN ACCESORIOS, PARA EL LABORATORIO DE HIDRÁULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA PUCE.”

<https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

- Hidalgo, E. M., & Ríos, W. O. (2013). *Análisis de funcionamiento, operación, mantenimiento e implementación de herramientas para el torno yucy-6250c del centro de producción y servicios de la Universidad Técnica de Cotopaxi*. 93.
- Indiel. (2005). *MANUAL DE TALLER, MOTORES DE ARRANQUE 2004-2005*. Retrieved from http://cedoc.inmujeres.gob.mx/insp/taller_sexualidad.pdf
- López, V. (2019). *OPTIMIZACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE UN BRONCE AL ALUMINIO EN UN AMBIENTE CORROSIVO CONTROLADO*.
- Maffia, E. G. (2013). *ESTRUCTURA Y PROPIEDADES Aluminio y sus aleaciones*.
- Máquinas y Herramientas. (2014). *Herramientas de Corte para Torno*. Retrieved August 18, 2020, from <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>
- Margarita Calsina Fleta. (2009). *Sistema de Carga y Arranque*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3195464&ppg=1>
- Michael F. Ashby, & and David R. H. Jones. (2008). *Materiales para ingeniería 1*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=5635457&query=fricci%25C3%25B3n%2Bde%2Bde%2Bmateriales%2B>
- Molera Solà Pere. (1990). *Metales resistentes a la corrosión*. Retrieved from <https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=3185993&query=metal%2Bcobre%2B>
- Molina, Y. (2008). *Comportamiento de la tolerancia dimensional en piezas cilíndricas de acero 45 , durante la deformación plástica superficial con rodillo*. Retrieved from <http://ninive.ismm.edu.cu/bitstream/handle/123456789/3326/matos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morales, F. (2017). *TRABAJOS BASICOS-EXPLICACIÓN, PROCEDIMIENTO EN LOS MECANIZADOS CON MAQUINAS HERRAMIENTAS TORNO*. 1–95.
- Noriega Francisco. (1993). *Manual de diseño de producto para manufactura: guía*

- práctica para producción a bajo costo.* (McGraw-Hill Interamericana, Ed.).
Retrieved from
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=4435317&query=bujes%2B>
- Ordoñez, D. (2015). *VALIDACIÓN DEL COEFICIENTE DE FRICCIÓN DINÁMICA MEDIANTE TRES PROCEDIMIENTOS PARA MATERIALES DE USO COMÚN EN INGENIERÍA.* <https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Patiño, F. A. (2016). *Aplicación De Los Cojinetes De Fricción a Los M.C.I.*
- Paute, O. T., & Pañi, W. E. (2017). *APLICACIÓN DE LA DINÁMICA, ESTÁTICA LA MECÁNICA DE FLUIDOS Y EL CALOR A LA INGENIERÍA DE LOS VEHÍCULOS.*
- Pérez Montiel Héctor. (2017). *Física.* Retrieved from
<https://ebookcentral.proquest.com/lib/utnortesp/reader.action?docID=5635846&query=Fricci%25C3%25B3n%2Binterna%2Bde%2Bmateriales.#>
- Ramírez, D. (2015). Manual de mantenimiento de torno convencional y aplicación algunos tipos de soldadura. *Ciencias de Los Procesos Industriales*, 126. Retrieved from [http://www.ecorfan.org/spain/proceedings/CPI_I/5.Manual de mantenimiento de torno convencional y aplicacion algunos tipos de soldadura.pdf](http://www.ecorfan.org/spain/proceedings/CPI_I/5.Manual%20de%20mantenimiento%20de%20torno%20convencional%20y%20aplicacion%20algunos%20tipos%20de%20soldadura.pdf)
- Rivera, J. (2019). *CONDICIONES DE PROCESO PARA LA PRODUCCIÓN DE BRONCE EXCA PARA LA FABRICACIÓN DE MOLDES PARA LA INDUSTRIA DEL VIDRIO.* 1–44.
- Romero-Piedrahita, C., Rodriguez-Valencia, A., & Monroy-Jaramillo, M. (2020). ESAMBLE E INSTRUMENTACIÓN DE UN BANCO DIDÁCTICO PARA PRUEBAS DE ARRANQUE EN MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA. *Rev. UIS Ing*, 19(3), 37–48. <https://doi.org/10.18273/revuin.v19n3-2020004>
- Romero, J. E. C., & Rondón, E. (2019). *Fricción por rodamiento del acero AISI 4140 en tribómetro anillo sobre anillo / Rolling friction of AISI 4140 steel in a ring on ring tribometer.*
- Ruiz, A. M., García, J. L., & Mesa, J. L. (2010). *Error, Incertidumbre, Precisión Y Exactitud, Términos Asociados a La Calidad Espacial Del Dato Geográfico.* 8. Retrieved from http://coello.ujaen.es/congresos/cicum/ponencias/Cicum2010.2.02_Ruiz_y_otros_Error_incertidumbre_precision.pdf
- Sanchez, R. (2017). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS CORRIENTES DE ARRANQUE DE MOTOR TRIFÁSICO HASTA UNA POTENCIA DE 5 HP CON*

CIRCUITO DE RELÉS (CONTACTOR) Y CIRCUITO ELECTRÓNICO (SCR) EN LA UNIVERSIDAD SEÑOR DE SIPÁN. Retrieved from

[http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4331/Sanchez Galindo .pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4331/Sanchez_Galindo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Thaller, M. (2016). *Propiedades Mecánicas, Coeficiente De Fricción Y Efectos De Anisotropía Mecánica Local En Aleaciones Metálicas.* 1–84.
- Tirira, R. S. (2019). *Esfuerzo cortante en muñones de perno anatómico reconstruidos con técnica incremental y de monobloque en premolares tratados endodónticamente.*
- Torres, C. E. M. (2016). *Diseño e implementación de un banco de pruebas del sistema de arranque y carga para vehículos turismo.* 133.
- Torres, C. J. N. (2012). Bronces Para Bujes. Retrieved April 9, 2020, from <https://es.scribd.com/doc/103247669/Bronces-Para-Bujes>
- Zárraga, L. (2018). *COMPORTAMIENTO TRIBOLÓGICO DEL BRONCE AL ALUMINIO-NIQUEL UNS C63000 BASE Y CONTRATAMIENTO TÉRMICO DE TEMPLE Y TEMPLE-REVENIDO.*

ANEXOS

ANEXO I
PUESTA A PUNTO DEL TORNO MARCA TIDA DE BANCO MODELO
TD-5AH



Figura A.I.1 Comprobación funcionamiento bomba



Figura A.I.2 Revisión del sistema eléctrico

ANEXO II

DIMENSIONAMIENTO DE BOCÍN



Figura A.II.1 Dimensionamiento bocín original.



Figura A.II.2 Medición largo del bocín.

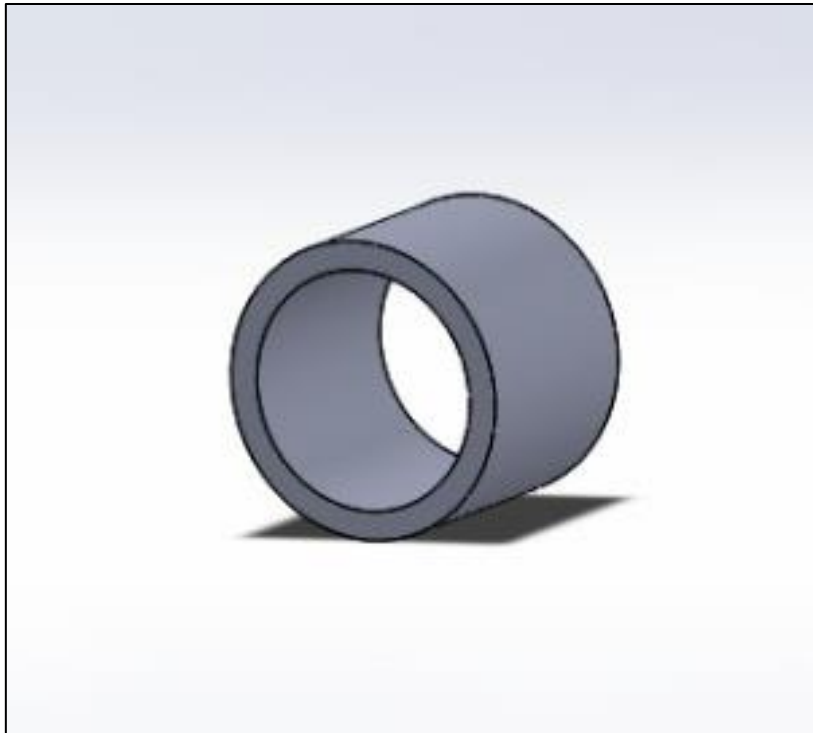


Figura A.II.3 Dimensionamiento en 3D.

ANEXO III
ELABORACIÓN DE PROBETAS DE BOCÍN



Figura A.III.1 Diámetro interno.



Figura A.III.2 Diámetro externo.

ANEXO IV

PRUEBAS DE DESGASTE



Figura A.IV.1 Reemplazo del bocín original en el eje del motor de arranque.



Figura A.IV.2 Pruebas de desgaste.

ANEXO V
COMPARACIÓN DE RESULTADOS



Figura A.V.1 Desgaste – Aluminio al silicio 3xx.x



Figura A.V.2 Desgaste – Bronce Fosfórico SAE 640