



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Estudio de los materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina bajo programas computacionales

Quinatoa Tapia, Willington Bladimir

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de Unidad de Integración Curricular, previo a la obtención del Título de Ingeniero en Automotriz

MCs. Lara Núñez, Mario Alcides

25 de febrero del 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de Unidad de Integración Curricular, “**Estudio de los materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina bajo programas computacionales**” fue realizado por el señor **Quinatoa Tapia; Willington Quinatoa** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 25 de febrero del 2022

MARIO
ALCIDES
LARA
NUNEZ

Firmado digitalmente por
MARIO ALCIDES
LARA NUNEZ
Fecha:
2022.02.17
16:18:53 -05'00'

MCs. Lara Núñez, Mario Alcides

C.C: 1801751981



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

REPORTE VERIFICACIÓN DE CONTENIDOS

TRABAJO DE TITULACIÓN _ QUINATO A WILLINGTON .pdf

Scanned on: 21:25 February 2, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	226
Words with Minor Changes	12
Paraphrased Words	239
Omitted Words	0

MARIO
ALCIDES
LARA
NUNEZ

Firmado digitalmente por
MARIO ALCIDES
LARA NUNEZ
Fecha:
2022.02.17
16:18:53 -05'00'



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Autoría de responsabilidad

Yo, **Quinatoa Tapia, Willington Bladimir** con cedula de ciudadanía N° **0504430539**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Estudio de los materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina bajo programas computacionales”** es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas

Latacunga, 25 de febrero del 2022



Quinatoa Tapia, Willington Bladimir

CC. 0504430539



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA CARRERA DE
INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

Autorización

Yo, **Quinatoa Tapia, Willington Bladimir** con cedula de ciudadanía N° **0504430539**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de Unidad de Integración Curricular: **“Estudio de los materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina bajo programas computacionales”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 25 de febrero del 2022



Quinatoa Tapia, Willington Bladimir

CC. 0504430539

Dedicatoria

Dedico este trabajo de titulación a Dios por ser mi luz y mi guía por proporcionarme la fuerza necesaria para superar varios obstáculos y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis queridos padres Ramiro y Patricia quienes han sido el motor más importante en mi vida para avanzar y culminar con una de las etapas más anheladas de mi superación personal y me han brindado su amor y apoyo incondicional, quienes han sido mis guerreros de la vida y la inspiración de lucha y constancia, en ellos tengo el espejo en el cual me quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me llevan a admirarles cada día más.

A mis hermanos Richard y Anthony, por ser el apoyo para terminar esta meta y ser el ejemplo a seguir.

A mi familia y amigos que estuvieron presentes con sus palabras de aliento para llegar a este momento tan importante en mi vida.

QUINATOA TAPIA, WILLINGTON BLADIMIR

Agradecimiento

En primer lugar quiero agradecer a mis padres ya que con el esfuerzo de ellos me alentado a continuar mi carrera, agradezco a mi dios por darme estos padres que siempre están pendiente de sus hijos.

A mi familia ya que siempre me han brindado sus buenos consejos para seguir estudiando y cumplir esta meta tan anhelada.

A mis hermanos Richard y Anthony ya que siempre me han ayudado cuando más he necesitado de ellos.

A mi grupo de compañeros ya que en el transcurso de esta etapa universitaria siempre estuvimos juntos motivándonos y luchando para poder cumplir con todas las metas que llegaban en cada semestre.

Al Ing. Mario Lara por guiarme en el desarrollo de este trabajo.

QUINATOA TAPIA, WILLINGTON BLADIMIR

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte verificación de contenidos	3
Autoría de responsabilidad	4
Autorización.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Índice de tablas	13
Índice de figuras.....	14
Resumen	16
Abstract.....	17
Introducción.....	18
Antecedentes.....	18
Planteamiento del problema.....	19
Justificación e importancia	20
Objetivos de proyecto.....	21
<i>Objetivo General</i>	21
<i>Objetivos específicos</i>	21
Hipótesis.....	22
Variables de la investigación.....	22
<i>Variable independiente</i>	22
<i>Variable dependiente</i>	22
Fundamentos teóricos e investigación.....	23

Descripción del mecanismo Biela – Manivela	23
Elementos del mecanismo.....	23
<i>Pistón</i>	24
<i>Los segmentos</i>	25
<i>Biela</i>	26
<i>Manivela</i>	27
Aplicación del mecanismo.....	28
<i>Motores de encendido provocado (MEP) Motor Otto (Gasolina)</i>	28
<i>Motores de encendido por compresión (MEC) motor Diésel</i>	29
Análisis espectrómetro	30
Tipos de espectrómetro	31
<i>Espectrómetro de masas</i>	31
<i>Espectrómetro óptico</i>	32
<i>Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía</i>	33
Metodología Ashby	34
Ciencia de los materiales.....	35
Tipos de materiales utilizados en el mecanismo biela - manivela	37
<i>Pistón</i>	37
<i>Rines del pistón</i>	37
<i>Biela</i>	37
<i>Cigüeñal</i>	37
<i>Bulón</i>	38
Comportamientos generales del mecanismo biela-manivela.....	38
<i>Tensión</i>	38
<i>Compresión</i>	39
<i>Torsión</i>	39
<i>Fatiga</i>	39

	10
<i>Impacto</i>	39
<i>Falla y fractura de los materiales</i>	40
Propiedades físicas de los materiales	40
<i>Densidad</i>	40
<i>Punto de fusión</i>	40
<i>Conductividad térmica</i>	41
<i>Dilatación térmica</i>	41
<i>Resistencia a la corrosión</i>	41
Procesos de manufactura	42
<i>Forjado</i>	42
<i>Maquinado</i>	42
Programas computaciones	43
Ces Edupack	43
Metodología de desarrollo del proyecto	45
Componentes y peso de cada elemento del mecanismo Biela – Manivela	45
Volumen de cada componente del mecanismo biela manivela	47
Probetas utilizadas para el análisis espectral	47
<i>Probeta del bulón utilizada en el ensayo espectral</i>	48
<i>Probeta del Brazo de biela utilizada en el ensayo espectral</i>	48
<i>Probeta de la chaqueta de biela utilizada en el ensayo espectral</i>	49
<i>Probeta del cigüeñal utilizada en el ensayo espectral</i>	49
<i>Probeta de la chaqueta del cigüeñal utilizada en el ensayo espectral</i>	50
<i>Probeta del pistón utilizada en el ensayo espectral</i>	51
Análisis computacional	51
Ces Edupack	51
<i>Etapa 1 – Ces Edupack</i>	52

	11
<i>Etapa 2 – Ces Edupack.....</i>	53
<i>Etapa 3 – Ces Edupack.....</i>	54
<i>Sustentabilidad – Ces Edupack.....</i>	56
Resultado de la investigación	58
Resultados del análisis espectrométrico	58
<i>Análisis espectrométrico óptico - Bulón de biela.....</i>	58
<i>Análisis espectrométrico óptico - Brazo de biela.....</i>	59
<i>Análisis espectrométrico óptico - Chaqueta de chaqueta de biela.....</i>	60
<i>Análisis espectrométrico óptico - Chaqueta de cigüeñal</i>	61
<i>Análisis espectrométrico óptico - Pistón y cigüeñal.....</i>	61
Análisis de probetas en la maquina espectrométrico de fluorescencia de rayos	
X de dispersión de energía.....	62
<i>Ensayo EDX - Bulón de biela</i>	62
<i>Ensayo EDX - Brazo de biela</i>	63
<i>Ensayo EDX - Chaqueta de biela</i>	64
<i>Ensayo EDX - Chaqueta de cigüeñal.....</i>	64
<i>Ensayo EDX - Pistón.....</i>	65
<i>Ensayo EDX - Cigüeñal</i>	66
<i>Diagrama Ashby del bulón.....</i>	68
<i>Discusión de resultados de los materiales del Bulón.....</i>	68
<i>Diagrama Ashby del cigüeñal</i>	69
<i>Discusión de resultados de los materiales del cigüeñal.....</i>	70
<i>Diagrama Ashby de la chaqueta del cigüeñal.....</i>	71
<i>Discusión de resultados de los materiales de la chaqueta del cigüeñal ...</i>	72
<i>Diagrama Ashby del Brazo de biela</i>	73
<i>Discusión de resultados de los materiales para el brazo de biela.....</i>	74

<i>Diagrama Ashby de la chaqueta de biela.....</i>	<i>75</i>
<i>Discusión de resultados de los materiales para la chaqueta de biela.....</i>	<i>76</i>
<i>Diagrama Ashby del Pistón.....</i>	<i>77</i>
<i>Discusión de resultados de los materiales del pistón</i>	<i>78</i>
Conclusiones y Recomendaciones.....	80
Conclusiones.....	80
Recomendaciones.....	81
Bibliografía.....	82
Anexos	85

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Pesos de los componentes del mecanismo biela manivela</i>	46
Tabla 2 <i>Volumen de los componentes del mecanismo biela manivela</i>	47
Tabla 3 <i>Composición química del bulón del motor Suzuki Forsa 1</i>	58
Tabla 4 <i>Composición química del brazo de biela del motor Suzuki Forsa 1</i>	59
Tabla 5 <i>Composición química de la chaqueta de biela del motor Suzuki Forsa 1</i>	60
Tabla 6 <i>Composición química de la chaqueta de cigüeñal del motor Suzuki Forsa 1</i> ...	61
Tabla 7 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para el Bulón</i>	63
Tabla 8 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para el Brazo de biela</i>	63
Tabla 9 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para la Chaqueta de biela</i>	64
Tabla 10 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para el Chaqueta del cigüeñal</i>	65
Tabla 11 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para el Pistón</i>	66
Tabla 12 <i>Análisis espectrométrico de rayos X para el Cigüeñal</i>	67
Tabla 13 <i>Materiales Bulón - Mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1</i>	69
Tabla 14 <i>Materiales Cigüeñal - Mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1</i>	71
Tabla 15 <i>Materiales de la Chaqueta del Cigüeñal</i>	73
Tabla 16 <i>Materiales del Brazo de biela</i>	75
Tabla 17 <i>Materiales de la chaqueta de biela</i>	77
Tabla 18 <i>Materiales del Pistón</i>	79
Tabla 19 <i>Materiales de los componentes del mecanismo Biela - Manivela</i>	79

Índice de figuras

Figura 1	<i>Mecanismo Biela Manivela</i>	23
Figura 2	<i>Diferentes tipos de uniones entre embolo, biela y bulón</i>	25
Figura 3	<i>Segmentos de compresión y engrase o rascadores de aceite</i>	26
Figura 4	<i>Biela con cabeza de corte horizontal</i>	27
Figura 5	<i>Cuatro tiempos de un Ciclo Otto</i>	29
Figura 6	<i>Tiempos de un ciclo motor Diésel</i>	30
Figura 7	<i>Espectrometría de masas</i>	32
Figura 8	<i>Maquina Espectrómetro de Emisión Óptica (OES)</i>	33
Figura 9	<i>Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía</i>	34
Figura 10	<i>Gráfico Ashby: Módulo de Elasticidad vs Densidad</i>	35
Figura 11	<i>Diagrama Ashby: Densidad vs resistencia a la conformación</i>	36
Figura 12	<i>Gráfico de propiedades y diagramas de fase</i>	44
Figura 13	<i>Componentes del mecanismo biela manivela - Motor Suzuki Forsa 1</i>	45
Figura 14	<i>Peso del pistón del motor Suzuki Forsa 1</i>	46
Figura 15	<i>Probeta utilizada para el ensayo - Bulon de biela</i>	48
Figura 16	<i>Probeta utiliza para el ensayo - Brazo de biela</i>	48
Figura 17	<i>Probeta utilizada para el ensayo - Chaqueta de biela</i>	49
Figura 18	<i>Probeta utilizada para en ensayo EDX - Cigüeñal Suzuki Forsa 1</i>	50
Figura 19	<i>Probeta utilizada para el ensayo - Chaqueta de cigüeñal</i>	50
Figura 20	<i>Probeta utilizada para en ensayo EDX - Pistón Suzuki Forsa 1</i>	51
Figura 21	<i>Base datos avanzada de Ces Edupack</i>	52
Figura 22	<i>Etapa 1 para la selección de materiales</i>	53

Figura 23 <i>Diagrama Ashby del módulo de flexión vs densidad</i>	54
Figura 24 <i>Diagrama Ashby del índice de optimización respecto al precio</i>	55
Figura 25 <i>Materiales seleccionados para el bulón del mecanismo biela manivela</i>	56
Figura 26 <i>Costo estimado por parte del bulón del mecanismo biela manivela</i>	56
Figura 27 <i>Diagrama Ashby del bulón</i>	68
Figura 28 <i>Diagrama Ashby del Cigüeñal</i>	70
Figura 29 <i>Diagrama Ashby de la chaqueta de cigüeñal</i>	72
Figura 30 <i>Diagrama Ashby del Brazo de biela</i>	74
Figura 31 <i>Diagrama Ashby de la chaqueta de biela</i>	76
Figura 32 <i>Diagrama Ashby del pistón</i>	78

Resumen

El presente trabajo de investigación se enfoca en realizar un estudio de materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina mediante programas computacionales en donde se realiza un análisis de laboratorio espectrométrico ya que este análisis nos permite conocer la composición química que tienen los principales componentes del mecanismo biela manivela enfocado en el motor Suzuki Forsa 1. Por lo cual se adquirió los principales componentes del mecanismo biela manivela los cuales son: Cigüeñal, pistón, bulón, brazo de biela, cojinetes de biela y bancada todos estos componentes son totalmente nuevos y en medidas estándar. Estos componentes fueron pesados mediante una balanza y se diseñaron en un programa CAD para poder conocer el volumen de cada componente, gracias a la adquisición de estos componentes se utilizaron como probetas para realizar el análisis de laboratorio espectrométrico. Mediante programas computacionales de selección de materiales se procede a realizar un estudio de cada componente del mecanismo biela manivela enfocada en la composición química y la densidad que tiene cada componente con el fin de realizar una tabla de alternativas de materiales para el mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

Palabras claves:

- **ESPECTRÓMETRO**
- **MECANISMO BIELA MANIVELA**
- **COMPOSICIÓN QUÍMICA**

Abstract

The present research work focuses on carrying out a study of suitable materials for the design of the connecting rod-crankshaft mechanism of a gasoline engine through computer programs where a laboratory spectrometric analysis is carried out since this analysis allows us to know the composition chemistry of the main components of the connecting rod - crank mechanism focused on the Suzuki Forsa 1 engine. For this reason, the main components of the connecting rod - crankshaft mechanism were acquired, which are: Crankshaft, piston, pin, connecting rod arm, connecting rod bearings and bearing of crankshaft, all these components are brand new and in standard measurements. These components were weighed by means of a balance and designed in a CAD program to be able to know the volume of each component, thanks to the acquisition of these components they were used as test tubes to perform the laboratory spectrometric analysis. Through computer programs for the selection of materials, a study of each component of the connecting rod-crank mechanism is carried out, focused on the chemical composition and density of each component in order to make a table of alternative materials for the connecting rod-crank mechanism of the Suzuki Forsa engine

1

Keywords:

- **SPECTROMETER**
- **WHITE MANEUVER MECHANISM**
- **CHEMICAL COMPOSITION**

Capítulo I

1. Introducción

1.1. Antecedentes

En un motor de combustión interna de un automóvil existen varios componentes que deben trabajar en perfectas condiciones uno de estos componentes es el mecanismo biela manivela donde nos permite obtener un movimiento lineal alternativo a partir de uno rotativo y viceversa. En el que el movimiento lineal de un pistón causado por una explosión de gasolina se transmite a una biela y realiza un movimiento circular en un cigüeñal. (Gálvez, 2020)

Uno de los componentes que hace posible el funcionamiento de un motor es conocido como biela ya que es el encargado en transmitir la energía química generada en la cámara de combustión en una energía cinética, siendo el enlace entre la absorción de la energía mecánica, la biela es el elemento que sufre mucha tensión cuando un motor se encuentra en funcionamiento por lo tanto se necesitan materiales que cumplan con todos los requerimientos. (Reyes, 2017)

La producción y proceso de nuevos materiales constituyen una parte muy importante de nuestra economía actual. Los ingenieros deben conocer la estructura y propiedades de los materiales de forma que sean capaces de seleccionar el material más idóneo para cada aplicación. Los ingenieros trabajan e investigan para crear nuevos materiales o para modificar las diferentes propiedades de los materiales ya existentes. En el caso de los ingenieros mecánicos buscan materiales para trabajar en altas temperaturas para que los diferentes motores puedan operar más eficientemente. (Smith, 1998)

Los transportes consumen cantidades significativas de energía. La disminución del peso de los vehículos de transporte (Automóviles, aviones, trenes, etc.) y el aumento de temperatura de funcionamiento de los motores mejoran el rendimiento de combustibles. Debido a esto es necesario desarrollar nuevos materiales con elevadas resistencias y bajas densidades, así como materiales capaces de soportar elevadas temperaturas, para los diferentes componentes de los motores. (Callister, 2002)

Hoy en día existen diferentes programas computacionales donde podemos encontrar mucha información referente a la construcción de cada uno de los componentes de un vehículo estos programas de igual manera nos indica los diferentes materiales y sus propiedades que se emplean para estos componentes.

1.2 Planteamiento del problema

En un motor de combustión interna de un automóvil el mecanismo biela manivela genera esfuerzos tracción, compresión y flexión al momento de realizar su ciclo termodinámico de trabajo cuando el motor se encuentra en funcionamiento, debido a estos esfuerzos la biela es robusta en su diseño pero a la vez lo más ligera posible para reducir la inercia y soportar los esfuerzos mecánicos a los que se encuentra sometida. (Reyes, 2017)

No es muy común que una biela falle pero a través de diferentes trabajos de investigación se determina diferentes causas o motivos del porque bielas han sufrido algún tipo de falla, esto sucede cuando supera la tensión de fluencia del material y sufre un pandeo plástico que ocasiona la ruptura del elemento, también puede fallar por fatiga que es ocasionada por defectos en la microestructura del material o por el excesivo desgaste del elemento.

El sector del transporte es uno de los principales contaminantes en donde automóviles, aviones, trenes, etc, alimentados por combustibles fósiles son la principal fuente de contaminación del aire. Un 10% de un vehículo no se puede reciclar por lo tanto esto va directo al vertedero de la basura aportando a la contaminación del planeta.

En la búsqueda bibliográfica de los principales materiales que se implementan para fabricación del mecanismo biela manivela de un motor de combustión interna en este caso del vehículo Suzuki Forsa 1, no existe mucha información referente a este vehículo.

1.3. Justificación e importancia

En los últimos años los campos automotrices han ido evolucionando con el fin de presentar varias gamas de vehículos con diferentes mejoras en sus sistemas y sus componentes uno de ellos es el mejoramiento del motor donde nos brindan mayor velocidad con menor consumo de combustible.

Debido a que el mecanismo biela manivela está sometido a diferentes esfuerzos y con repetitivos ciclos de trabajo se busca materiales adecuados para que cubran todas estas necesidades, con la presente investigación vamos a estudiar los diferentes materiales que se pueden utilizar en el mecanismo biela manivela bajo programas computacionales entre ellos podemos mencionar el programa Ces Edupack este programa es de mucha utilidad para la selección de materiales ya que nos permite enriquecer la importancia de los materiales y sus procesos de fabricación.

En la fabricación de vehículos los ingenieros buscan las mejores alternativas para poder reducir la contaminación del planeta tierra el 90% de los vehículos se puede

reciclar, un 75% del vehículo está fabricado en su mayoría de componente de metales y aceros, un 5.5% de plásticos, 4% de cauchos y neumáticos, 3.5% de vidrio o ventanas, 1% de anticongelante y líquido de frenos y 1% de papel o cartón y así completamos el 90% de componentes del vehículo que se puede reciclado. (Sornosa, 2010)

En la presente investigación se realizara un estudio de los principales materiales que pueden ser utilizados para el diseño de este mecanismo biela manivela mediante programas computacionales, esto será de mucha ayuda para profesores, estudiantes, empresas y personas particulares que quieran conocer los diferente materiales que se deben utilizar en el mecanismo biela manivela de un vehículo de combustión interna Suzuki Forsa 1.

1.4. Objetivos de proyecto

1.4.1. Objetivo General

- Realizar el estudio de los materiales adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela de un motor a gasolina bajo programas computacionales

1.4.2. Objetivos específicos

- Conocer los principales materiales mediante un análisis de laboratorio del mecanismo biela manivela del vehículo Suzuki Forsa 1, para su estudio.
- Utilizar los programas computacionales adecuados para la selección de los diferentes materiales del mecanismo biela manivela.

- Implementar una tabla de alternativas de materiales seleccionado mediante programas computacionales para utilizar en el mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1.

1.5. Hipótesis

La presente investigación permitirá conocer los materiales más adecuados para el mecanismo biela manivela del vehículo Suzuki Forsa 1 bajo programas computacionales

1.6. Variables de la investigación

1.6.1. Variable independiente

- Materiales del mecanismo biela manivela

1.6.2. Variable dependiente

- Programas computacionales para la selección de materiales para el mecanismo biela manivela

Capítulo II

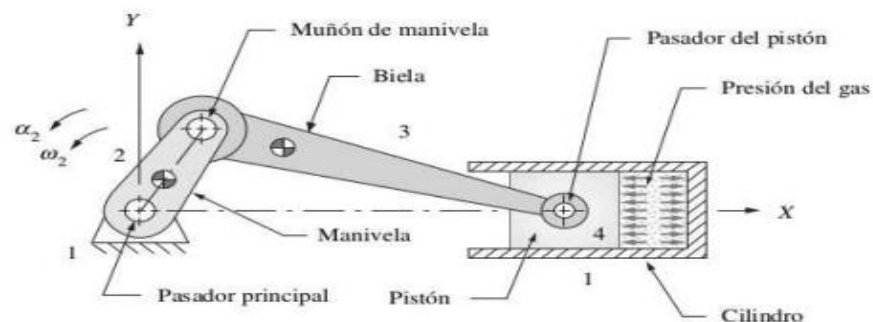
2. Fundamentos teóricos e investigación

2.1. Descripción del mecanismo Biela – Manivela

El mecanismo biela manivela nos permite tener un movimiento lineal alternativo a partir de un movimiento rotativo, la manivela del mecanismo es un elemento giratorio y este elemento está conectado a una barra rígida conocida como biela. Este mecanismo es muy utilizado en motores de combustión interna de cualquier automóvil ya que el movimiento lineal de un pistón es causado por una explosión de gasolina que se transmite directamente a la biela y realizar un movimiento circular en el cigüeñal. (Gálvez, 2020)

Figura 1

Mecanismo Biela Manivela



Nota. En la presente figura se puede observar el mecanismo biela manivela, (p, 514).

Tomado de (Norton, 2005)

2.2. Elementos del mecanismo

El mecanismo biela manivela consta de los siguientes componentes: Pistón que también es conocido en un mecanismo como émbolo, el cigüeñal que es conocido como manivela y finalmente la biela que se encuentra entre el pistón y cigüeñal.

2.2.1. Pistón

El pistón es conocido como un vaso invertido que se encuentra situado en el interior del cilindro y se desliza por el mismo. En la parte superior o cabeza recibe toda la presión o fuerza de expansión de los gases combustionados por lo cual el pistón desciende al punto muerto inferior (PMI), por lo tanto el bulón recoge toda esta fuerza y lo transmite por biela hacia el cigüeñal en donde el movimiento rectilíneo del pistón se transforma en movimiento rotativo continuo al eje del motor, así se le conoce a este mecanismo biela manivela. (HelloAuto, 2022)

El bulón es el encargado en unir el pistón con el brazo de biela principalmente el bulón está fabricado con acero templado mediante forja, aunque hay motores de competición con bielas de titanio o aluminio realizadas por operaciones de arranque de viruta. (HelloAuto, 2022)

Los principales elementos que componen un pistón son los segmentos del mismo el pasador o bulón. El eje del pistón es una pieza de acero que tiene por función asegurar la unión entre el pistón y la biela, la unión del pistón pueden ser de 3 formas.

- Fijo en el pistón y libre en la biela
- Fijo en la biela y libre en pistón
- Libre en ambos.

Figura 2

Diferentes tipos de uniones entre embolo, biela y bulón



Nota. Adaptado de Tratado del Automóvil (p, 122) por A, Ocaña, 2000. DOSSAT 2000

2.2.2. Los segmentos

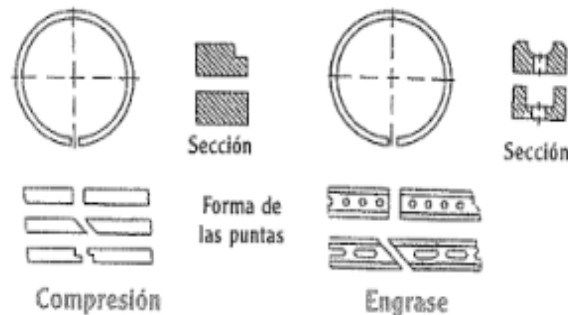
Los segmentos del pistón son unos anillos de un diámetro mayor al pistón con el fin de conseguir la máxima hermeticidad a fin de evitar lo que son fugas o ingreso de lubricante a la cámara de combustión. (Ocaña, 2001)

Existen dos tipos de segmento. De compresión y de engrase o rascador.

- De compresión, estos segmentos impiden la fuga de gases, en los motores gasolina suelen colarse de dos o tres el que se encuentra en la parte superior se conoce como segmento de "Fuego" es llamado así porque recibe directamente la combustión ocasionado por el producto de la combustión
- De engrase o raspador, es el encargado en evitar el ingreso de aceite hacia la cámara de combustión, este segmento se encuentra en la parte inferior de todos los segmentos.

Figura 3

Segmentos de compresión y engrase o rascadores de aceite



Nota. Adaptado de Tratado del Automóvil (p, 122) por (Ocaña, 2001). DOSSAT 2000

2.2.3. Biela

La biela es uno de los principales componentes del mecanismo es el encargado en unir el pistón con el eje del motor y así poder transmitir los esfuerzos procedentes de la combustión. El pistón está unido mediante un bulón y el eje del motor está unido directamente de los codos de la biela. Ya que la biela está sometida a grandes esfuerzos es indispensable fabricar bielas de materiales con gran resistencia. (Ocaña, 2001)

La biela ejerce un movimiento de retroceso y avance conforme se produce el giro de la manivela, se construye de acero al cromo, llevando también manganeso, silicio y molibdeno, sus principales componentes son:

Figura 4

Biela con cabeza de corte horizontal



Nota. Adaptado de Tratado del Automóvil (p, 123) por A, Ocaña, 2000. DOSSAT 2000

La biela principalmente se distingue en tres partes:

- El pie, es la unión entre la biela y el pistón
- El cuerpo, asegura la rigidez de la pieza siendo la sección especial de gran resistencia
- La cabeza, es la unión con el cigüeñal. Una parte es fija solidaria al cuerpo de la biela y se conoce como cabeza de la biela y el otro se llama sombrerete el cual es una pieza desmontable y se fija por medio de tornillos o espárragos.

2.2.3 Manivela

También conocido como el eje del motor (Cigüeñal), este componente es el encargado en recibir el movimiento de la biela por sus codos o muñequillas, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento rotativo. Es uno de los elementos más importantes de un motor en donde se puede ver un elemento robusto y por lo tanto se fabrican de materiales de gran resistencia. (Ocaña, 2001)

- Apoyos del cigüeñal, son cilindros rectificados y constituyen el eje del giro del cigüeñal se encuentran asentado sobre el bloque del motor.
- Muñequillas o codos, donde se fijan las cabezas de las bielas.
- Apoyos y muñequillas son cementados o nitrurados para ofrecer gran resistencia de desgaste

2.3. Aplicación del mecanismo

El mecanismo biela manivela es muy utilizado en el campo de los motores principalmente en los motores de combustión interna alternativos (MCIA), el mecanismo biela manivela se originó desde la edad media y nació para poder transformar el movimiento rotativo en movimiento alternativo para dar funcionamiento a bombas hidráulicas.

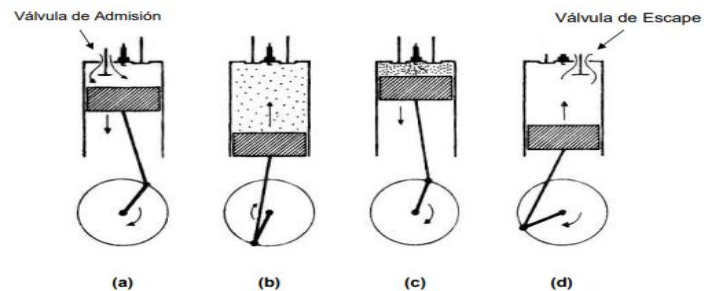
Los motores alternativos se clasifican en:

2.3.1. Motores de encendido provocado (MEP) Motor Otto (Gasolina)

En 1862 el francés Beau De Rochas plantea un ciclo termodinámico en el cual es el punto de partida para los alemanes Otto y Lange en un motor de cuatro tiempos, dando paso al primer motor de ciclo Otto en donde este motor consta de cuatro tiempos y su funcionamiento consta de cuatro carreras del pistón y dos vueltas del cigüeñal

Figura 5

Cuatro tiempos de un Ciclo Otto



Nota. Representación de un ciclo Otto a) Admisión b) Compresión c) Explosión d) Escape. (p, 7) Tomado de. (Mercedes, 2014)

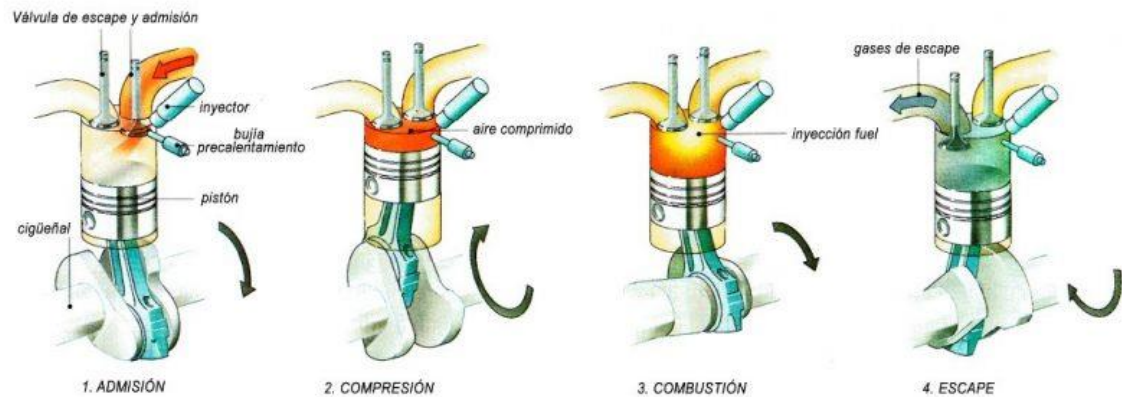
El primer tiempo de un motor Otto se lo conoce como admisión en donde la mezcla aire combustible ingresa a la cámara de combustión esto con la ayuda del pistón ya que pasa del PMS al PMI absorbiendo toda esta mezcla, en el segundo tiempo el pistón sube del PMI al PMS comprimiendo toda la mezcla aire combustible, cuando la mezcla se haya comprimido se encuentra el salto de la chispa y la expansión de los gases combustionados enviando al pistón al PMI este punto se lo conoce como explosión y el punto final de un motor Otto el pistón se traslada del PMI al PMS sacando todos los gases combustionados dentro de la cámara de combustión y así completa los cuatro ciclos del motor Otto.

2.3.2. Motores de encendido por compresión (MEC) motor Diésel

El motor Diésel es muy similar a un motor de ciclo Otto en donde la principal diferencia se encuentra en su combustible y en la forma de inyección de combustible dentro de la cámara de combustión.

Figura 6

Tiempos de un ciclo motor Diésel



Nota. Representación de los ciclo del motor diésel. Tomado de. (Lara, 2018)

En el primer tiempo de admisión del motor diésel solo ingresa aire a la cámara de combustión entonces al momento que el pistón suba al PMS el aire se comprime entonces en ese instante el diésel es inyectado, el tercer tiempo el diésel se enciende por motivo de la presión que se encuentra en la cámara de combustión y el último tiempo es igual al motor Otto donde el pistón sube del PMI al PMS expulsando todos los gases combustionados.

2.4. Análisis espectrómetro

El análisis espectrómetro ayuda a conocer la composición química de los diferentes metales que se puede encontrar en el campo de la ingeniería y diseño, esto se realiza gracias a diferentes pruebas en donde la vaporización de una probeta y el análisis de la chispa formada en donde los diferentes átomos e iones que se desprende en las diferentes pruebas son excitados y emiten una luz que se conduce hacia sistemas ópticos. (Copyright, 2021)

Los sistemas ópticos nos permiten analizar las diferentes propiedades mediante algún espacio en el espectro electromagnético con un solo propósito de conocer e identificar la composición de material.

Se puede usar para el análisis de metales, permitiendo conocer y determinar la composición química de algunos metales, a través de la vaporización de las muestras. Cabe señalar, que los átomos que se desprenden durante ese procedimiento emiten una luz que se traslada hasta el sistema óptico. Esa luz se mide a través de un detector electrónico, el cual convierte la luz en cargas electromagnéticas. (Copyright, 2021)

2.5. Tipos de espectrómetro

En el análisis espectrómetro se puede encontrar diferentes tipos de análisis espectrómetro de masas, espectrómetro óptico, rayos X entre otros análisis, estos análisis nos ayudaran a determinar los resultados correctos de la composición de los materiales.

2.5.1. Espectrómetro de masas

El análisis espectrómetro de masas se caracteriza por tener un lugar donde podemos colocar la masa que se va analizar, este tipo de análisis se utiliza mucho para conocer la composición química de la probeta a ser analizada.

El análisis espectrómetro de masas también es utilizado para ionizar algunas sustancias en donde las divide para su respectivo análisis, todos los resultados se presentaran mediante formas gráficas o tablas.

Figura 7*Espectrometría de masas*

Nota. Máquina para realizar análisis de espectrometría de masas. Tomado de (Alcalá, 2021)

2.5.2. Espectrómetro óptico

El espectrómetro óptico o también conocido como espectroscopio nos ayudan a realizar un análisis para medir las propiedades de la luz en donde se utiliza un espectro electromagnético. La variable que se mide en este análisis es generalmente la intensidad de la luz. (Scientific, 2016)

En un análisis de espectrómetro de emisiones ópticas (OMS) no ayudan a realizar ensayos cualitativos y cuantitativos de una muestra dando como resultado los componentes químicos reales que tiene la muestra analizada con estos el técnico podrá conocer la concentración de cada uno de los componentes. (Scientific, 2016)

Figura 8**Maquina Espectrómetro de Emisión Óptica (OES)**

Nota. Maquina Thermo Scientific para el análisis de Espectrómetro de Emisión Óptica (OES) Tomado de (Scientific, 2016)

2.5.3. Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía

Debido a los avances tecnológicos que se pueden encontrar en máquinas para ensayos de espectrometría podemos encontrar la maquina EDX el cual nos permite realizar un rastreo, rápido analizando una amplia gama de muestras mucho más efectivo que un análisis espectrómetro óptico. Acoplada con una cámara para muestras de 300 mm de ancho y 150 mm de alto. (SHIMADZU, 2013)

Un espectrómetro de fluorescencia EDX irradia una muestra con rayos X y Luego mide la energía de los rayos X fluorescentes generados para determinar el tipo y cantidad de elementos que componen la muestra. Esta técnica de análisis no destructivo permite medición de una amplia variedad de tipos de muestras (solidos, polvos, líquidos, películas dejadas, etc.). (SHIMADZU, 2013)

Figura 9

Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía



Nota. Maquina Espectrómetro EDX Serie EDX – 720/800 HS. Tomado de (SHIMADZU, 2013)

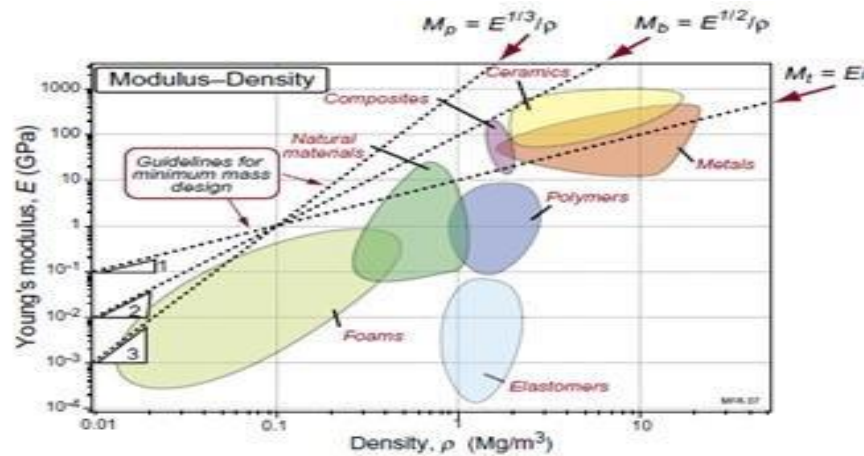
2.6. Metodología Ashby

Michael F. Ashby en 1992 desarrolla un método de selección de materiales en donde optimiza el proceso diseño basándose en la selección más a propiedad del material para una aplicación establecida.

Ashby principalmente compara el rendimiento relativo de los materiales para cumplir con una función específica utilizando índice de rendimiento para el criterio de diseño. Principalmente Ashby utiliza combinaciones matemáticas de propiedades de materiales en donde genera tablas para la selección de materiales. (Paucar, 2019)

Figura 10

Gráfico Ashby: Módulo de Elasticidad vs Densidad



Nota. Representación del método Ashby: Módulo de Elasticidad vs Densidad (ρ , 2)

Tomado de. (Paucar, 2019)

El método Ashby relaciona las propiedades de los materiales como la resistencia, modulo elástico, densidad, tenacidad, conductividad, expansión térmica entre otras propiedades. Como se puede observar en la figura 10 representa una gráfica de Módulo de Elasticidad vs Densidad y se puede observar cómo se dividen cada uno de los materiales, con un mayor porcentaje de módulo de elasticidad tenemos a los cerámicos que se representan con una circunferencia de color amarillo con un valor de 1000 Gpa y los elastómeros con un circunferencia de color azul oscuro con un valor aproximado de 0.001 Gpa ya que estos materiales no tienen mucha resistencia. De esta forma podemos seleccionar la familia de los materiales según sus propiedades.

(Paucar, 2019)

2.7. Ciencia de los materiales

Principalmente la ciencia de los materiales se enfoca en ayudar a científicos e ingenieros en la selección de los correctos materiales para el diseño de componentes

2.8. Tipos de materiales utilizados en el mecanismo biela - manivela

2.8.1. Pistón

Principalmente los pistones son construidos de aleaciones de aluminio (AlSi12CuNi) ya que estos elementos principalmente tienen ventajas como la baja densidad, elevada resistencia térmica, elevada conductividad térmica, resistencia al rozamiento y baja dilatación térmica. (Mena, 2014)

2.8.2. Rines del pistón

Los rines se encuentran sometidos a grandes esfuerzo mecánicos y térmicos por esta razón se utilizan materiales con buenas propiedades de deslizamiento, elevada elasticidad y resistencia a las altas temperatura. Por lo cual son fabricados de una aleación de hierro dúctil de cromo y molibdeno. (Mena, 2014)

2.8.3. Biela

La biela es el mecanismo que se encuentra entre el pistón y el cigüeñal. El cuerpo de la biela recibe grandes esfuerzos como la tracción, flexión y torsión. Los principales elementos que se utilizan para la fabricación de bielas son aceros aleados de cromo-níquel-molibdeno lo cual nos permite tener un alta resistencia a la fatiga estos materiales son ideales para motores de competición. (Mena, 2014)

2.8.4. Cigüeñal

Cigüeñal es el elemento sometido a grandes cargas mecánicas, debido a que centraliza toda la energía de la combustión aplicada a cada uno de los pistones, en el cigüeñal se suman las fuerzas de inercia y centrifugas, que producen esfuerzos de torsión y flexión. Por esta razón es importante que este elemento tenga una resistencia mecánica elevada, razón por la cual se lo fabrica por forja de acero 37MnSi5 pertenece

al grupo de materiales "Aceros Templados Y Revenido" con tratamiento térmico (Temple superficial) lo que le confiere una gran resistencia. (Samaniego, 2006)

2.8.5. Bulón

El bulón o también son conocido como pernos de anclaje es el encargado en unir al pistón con la biela, esta pieza está sometida a mucha tensión y cargas térmicas debido a que el calor que se genera en la cámara de combustión producto de los gases quemados se transmite desde la cabeza del pistón hacia el bulón principalmente el bulón deben tener suficiente solidez y resistencia al desgaste son construidos de acero o acero de aleación cementables. Principalmente se realiza tratamientos termoquímicos en donde nos ayuda a mejorar las propiedades superficiales de las piezas tratadas. (Romero, 2019)

2.9. Comportamientos generales del mecanismo biela-manivela

Hoy en día existen una gran variedades de materiales ya sean metálicos o no metálicos que tienen diferentes propiedades mecánicas son muy importantes para el funcionamiento y rendimiento del componente esto depende mucho de su capacidad de resistir a la deformación ante los esfuerzos. La capacidad depende mucho del módulo de elasticidad y resistencia a la deformación. Las propiedades mecánicas y el comportamiento de los metales son de mucha importancia para el diseño y manufactura de partes por lo tanto son evaluados diversas propiedades de los materiales

2.9.1. Tensión

El ensayo de tensión es el método más común para poder conocer las propiedades mecánicas del material este ensayo nos indica la resistencia, tenacidad, modulo elástico, ductilidad y capacidad de endurecimiento por deformación. (Newell, 2010)

2.9.2. Compresión

El ensayo de compresión no ayuda a conocer las fuerzas y los requisitos de potencia, principalmente los procesos de forjado, laminado y extrusión se realizan con fuerzas compresivas (Newell, 2010)

2.9.3. Torsión

En una pieza o probeta se puede realizar ensayo de tensión y compresión pero también se debe analizar lo que son deformaciones cortantes. El ensayo de torsión se utiliza para determinar las propiedades de los materiales a corte. Mientras mayor sea el número de rotaciones antes que se produzca la falla mejor será la forjabilidad del material (Newell, 2010)

2.9.4. Fatiga

Cada uno de los componentes está dispuesto a fatiga, los esfuerzos cíclicos provocados por cargas fluctuantes o esfuerzos térmicos, principalmente las fallas se asocian con grietas que crecen en cada ciclo de esfuerzo y se propaga a través del material hasta que el material llega a la fractura. El límite de fatiga de los metales se puede relacionar aproximadamente con su resistencia máxima a la tensión (Newell, 2010)

2.9.5. Impacto

Todos los materiales están sometidos a cargas de impacto y cargas dinámicas. La prueba de impacto son útiles particularmente para determinar la temperatura de transición dúctil – frágil de los materiales. Los materiales que tiene un alta resistencia al impacto también tiene resistencia y ductilidad alta, y por lo tanto, alta tenacidad (Newell, 2010)

2.9.6. Falla y fractura de los materiales

Las fallas y fractura son aspectos más importantes del comportamiento de los materiales, por que influye directamente en la selección de un material para una aplicación particular, en los métodos de manufactura y en la vida útil del componente. La fractura dúctil se caracteriza por la deformación plástica que precede a la fractura, y requiere una cantidad considerable de energía. La fractura frágil puede ser catastrófica, porque no va precedida por la deformación plástica. Necesita mucho menos energía que la fractura dúctil. Las impurezas y huecos desempeñan papeles importantes en la fractura de los metales y aleaciones. (Schmid, 2008)

2.10. Propiedades físicas de los materiales

Las propiedades físicas se basa en definir el comportamiento de los materiales tienen una gran importancia en el proceso de manufactura porque es frecuente que influya en el proceso construcción por ejemplo las propiedades térmicas del material en un mecanizado nos permite determinar la temperatura de corte lo que indica hasta donde podemos utilizar la herramienta antes que falle. (Groover, 2007)

2.10.1. Densidad

La densidad de un material es la relación entre el peso y volumen de material. El ahorro de peso juega un papel muy importante en carrocerías y componentes de automóviles. Los principales elementos que se encuentran con una alta relación de esfuerzos a la fluencia con respecto a la densidad son el titanio, aluminio y aceros. (Schmid, 2008)

2.10.2. Punto de fusión

Principalmente el punto de fusión se basa en la energía requerida para separar sus átomos. Para la selección de un material se debe tener en cuenta el rango de

temperatura al cual va estar sometido este elemento, cuanto mayor sea el punto de fusión del material más difícil resultara su operación. (Schmid, 2008)

2.10.3. Conductividad térmica

La conductividad térmica se basa en comprender como el calor fluye dentro del material. Los materiales unidos por enlaces iónicos o covalentes tienen una conductividad pobre mientras que los materiales unidos por enlaces metálicos poseen una gran conductividad térmica (Schmid, 2008)

2.10.4. Dilatación térmica

Principalmente la dilatación térmica se basa en la expansión o contracción de los diferentes materiales el coeficiente de dilatación térmica es inversamente proporcional al punto de fusión del material. La dilatación térmica y la conductividad térmica son de mucha importancia ya que desempeña un papel importante en la generación de esfuerzos. La dilatación térmica y la contracción puede presentar agrietamientos, alabeo o aflojamiento por lo tanto disminuiría su vida útil. (Schmid, 2008)

2.10.5. Resistencia a la corrosión

Este punto es muy tomado en cuenta en el proceso de construcción de componentes para vehículo ya que todos los metales, cerámicos y plásticos están sometido a formar corrosión, principalmente la corrosión tiende al deterioro del metal sino que también reduce la resistencia e integridad estructural. Los metales no ferrosos y aceros inoxidable son materiales que tienen alta resistencia a la corrosión y aceros como los hierros fundidos suelen tener un baja resistencia a la corrosión por lo tanto son recubiertos con tratamientos superficiales. (Schmid, 2008)

2.11. Procesos de manufactura

En la fabricación de componentes tenemos una gran variedad de procesos de manufactura como la fundición, formado o moldeado, maquinado, unión, acabado y nano fabricación. Cada proceso tiene sus ventajas y desventajas, capacidad de producción y reducir el costo de manufactura.

En la fabricación de los componentes del mecanismo biela manivela se utilizan procesos de fabricación como el forjado, maquinado.

2.11.1. Forjado

Este tipo de proceso se remonta desde la antigüedad en donde se utilizaba mucho estos procesos para la fabricación de armas y joyería. La operación de forjado se realiza en función de la temperatura al cual es sometido el material, forjado en caliente en donde la deformación del material nos permite incrementar la ductilidad del material pero se disminuye la resistencia, forjado en frío nos permite aumentar la resistencia en la pieza como consecuencia del endurecimiento por la deformación. (Groover, 2007)

En industria automotriz el proceso de forjado brinda una alta resistencia a los componentes y es muy utilizado en la fabricación de pistones y bielas para motores de combustión interna. (Groover, 2007)

2.11.2. Maquinado

Principalmente el maquinado se basa en la remoción de exceso de material de un pieza mediante una herramienta de corte para poder dar la forma a diferentes componentes del vehículo como puede ser el cigüeñal y el bulón. El maquinado brinda un acabado superficial de calidad, precisión dimensional, consumo de tiempo entre

otros puntos. El maquinado se lo realiza generalmente después de otros procesos de manufactura como puede ser el forjado o el estirado de barras. (Groover, 2007)

2.12. Programas computaciones

En el proceso de diseño y desarrollo de algún componente automotriz la fase más crítica en todo este desarrollo es la selección del material ya que existen varias exigencias que deben tener este componente como puede ser la durabilidad, fiabilidad, acabado, funcionalidad y muchos aspectos más que deben ser considerados al momento de la selección del material. Pero también se debe considerar restricciones con la posibilidad de ser procesado, costo de la materia prima, disponibilidad del material entre otros puntos. (Paucar, 2019)

Hoy en día podemos encontrar mucha variedad de materiales para la construcción de componentes, por lo tanto se han creado programas computaciones que permitan la rápida selección del material que pueda cumplir todas nuestras necesidad, estos programa computaciones están cargados de mucha información.

Los programas computaciones están basados para reconocer características específicas requeridas por el usuario, estos materiales se clasifican principalmente como metales, polímeros, cerámicos, madera, elementos puros y otros materiales de ingeniería. (Paucar, 2019)

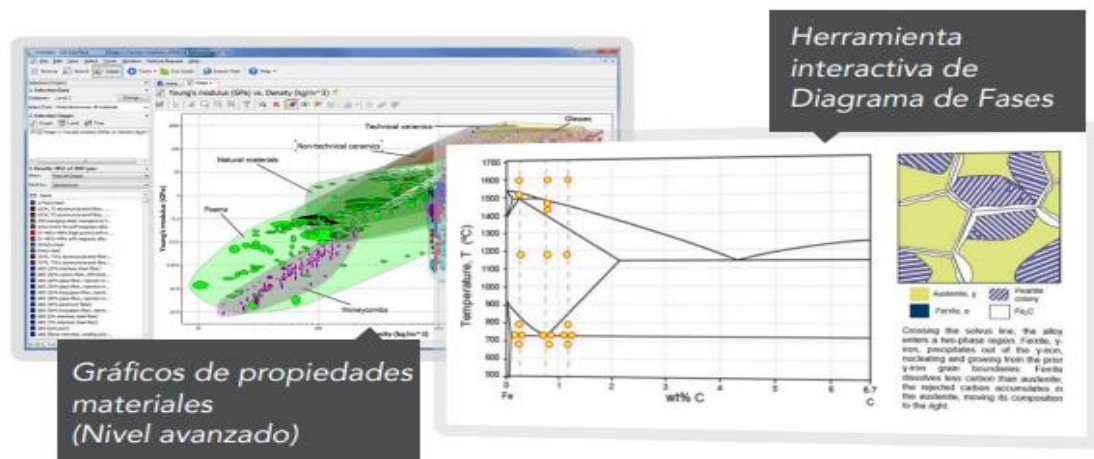
2.12.1. Ces Edupack

Gracias a los profesores Mike Ashby y colaboradores de la universidad de Cambridge tenemos una aplicación educativa donde podemos encontrar los principales materiales para fabricación y diseño. Ces Edupack es una aplicación de fácil acceso con ventanas muy fáciles de usar en donde vamos a encontrar hasta 4026 materiales que cubren la aeronáutica, polímeros, arquitectura e ingeniería civil, bio – materiales y

eco diseño. Todos estos materiales constan con datos numéricos muy extensos que permite al usuario al momento de la selección sea más precisa a acordé de las necesidades del fabricante. (Edupack, 2018)

Figura 12

Gráfico de propiedades y diagramas de fase



Nota. La presente imagen indica las ventanas de la aplicación Ces Edupack (p, 1).

Tomado de (Edupack, 2018)

Capítulo III

3. Metodología de desarrollo del proyecto

En el siguiente capítulo se detallara la metodología utilizada para la investigación de los principales materiales que se puede utilizar en el mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, teniendo en cuenta los objetivos establecidos para este estudio.

3.1. Componentes y peso de cada elemento del mecanismo Biela – Manivela

Para la selección de los materiales más adecuados para el mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, se procede a adquirir cada uno de los componentes como son: Cigüeñal, brazo de biela, pistón, bulón, chaqueta de cigüeñal y chaqueta de bancada.

Figura 13

Componentes del mecanismo biela manivela - Motor Suzuki Forsa 1



Nota. Adquisición de los componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

Se procede a pesar cada uno de los componente esto nos ayudara de mucho en la selección de materiales adecuados para el mecanismo biela manivela ya que el peso de cada elemento será el valor máximo que tendríamos que tener en cuenta en la selección de los materiales.

Figura 14

Peso del pistón del motor Suzuki Forsa 1



Nota. Figura representativa en donde se pesa los componente del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

En la siguiente tabla vamos a tener el peso de cada componente del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, teniendo en cuenta que la adquisición de los componentes del mecanismo biela manivela están totalmente nuevos, originales y en medida estándar.

Tabla 1

Pesos de los componentes del mecanismo biela manivela

Componente	Peso (Gramos)
Pistón	208
Bulón	64
Chaqueta de cigüeñal	19
Chaqueta de biela	12.5
Brazo de biela	457.27
Cigüeñal	6667.80

Nota. Tabla representativa del peso cada componente del mecanismo biela manivela peso representado en gramos.

3.2. Volumen de cada componente del mecanismo biela manivela

Una vez tomado los pesos de los diferentes componente se procede a realizar el modelado de los principales componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 en un programa Cad para obtener el volumen de cada componente y así poder calcular la densidad que tiene cada componente.

Tabla 2

Volumen de los componentes del mecanismo biela manivela

Componente	Volumen (cm³)
Pistón	84.054
Bulón	8.1807
Chaqueta de cigüeñal	1.959
Chaqueta de biela	1.947
Brazo de biela	58.250
Cigüeñal	1035.014

Nota. Valores obtenidos del modelado de los componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

3.3. Probetas utilizadas para el análisis espectrométrico

Para el análisis espectrométrico se tuvo que realizar probetas de los diferentes componentes del mecanismo biela manivela estas probetas no deben superar los 30x30 mm ya que es la medida indicada para realizar el análisis espectrométrico en los diferentes componentes.

3.3.1. Probeta del bulón utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el análisis del bulón de biela se tuvo que pulir en diferentes lados para que pueda asentar correctamente con el lente óptico de nuestra máquina de análisis espectrométrico como se puede observar en la figura 15.

Figura 15

Probeta utilizada para el ensayo - Bulon de biela



Nota. Probeta utilizada para el análisis espectrométrico.

3.3.2. Probeta del Brazo de biela utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el análisis del brazo de biela se tuvo que cortar en la mitad de la biela con unas dimensiones de 30 mm de largo y luego se pulió para tener una parte plana y que pueda asentar correctamente con el lente óptico de nuestra máquina de análisis espectrométrico como se puede observar en la figura 16.

Figura 16

Probeta utiliza para el ensayo - Brazo de biela



Nota. Probeta de brazo de biela utilizada para el análisis espectrométrico óptico

3.3.3. Probeta de la chaqueta de biela utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el ensayo espectrométrico en la chaqueta de biela se tuvo que cortar en la mitad una chaqueta y poder tener una parte plana para que pueda asentar en el lente óptico, antes de realizar el análisis se tuvo que limar una parte de la probeta para que pueda asentar correctamente en nuestro lente óptico.

Figura 17

Probeta utilizada para el ensayo - Chaqueta de biela



Nota. Probeta de la chaqueta de biela utilizada para el análisis espectrómetro óptico.

3.3.4. Probeta del cigüeñal utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el ensayo espectrométrico se utiliza una parte del cigüeñal del motor Suzuki Forsa 1 como se puede observar en la figura 18, la medida de la probeta debe un espesor considerable para su análisis en este caso es de 20 mm para poder colocar en nuestro lente óptico de la maquina espectrómetro.

Figura 18

Probeta utilizada para en ensayo EDX - Cigüeñal Suzuki Forsa 1



Nota. Probeta del Cigüeñal del motor Suzuki Forsa 1 utilizada para el análisis espectrómetro de rayos X.

3.3.5. Probeta de la chaqueta del cigüeñal utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el ensayo espectrométrico de la chaqueta de cigüeñal se tuvo que cortar en la mitad una chaqueta y poder tener una parte plana para que pueda asentar en el lente óptico, antes de realizar el análisis se tuvo que limar para que nuestro ensayo sea lo más efectivo posible como se puede observar en la figura 19.

Figura 19

Probeta utilizada para el ensayo - Chaqueta de cigüeñal



Nota. Probeta de la chaqueta de cigüeñal utilizada para el análisis espectrómetro óptico.

3.3.6. Probeta del pistón utilizada en el ensayo espectrométrico

Para el ensayo espectrométrico se utiliza una parte del pistón del motor Suzuki Forsa 1 como se puede observar en la figura 20, la medida de la probeta debe tener 30 mm de ancho y un espesor máximo de 20 mm para poder colocar en el lente óptico de la máquina de ensayos espectrométrico.

Figura 20

Probeta utilizada para en ensayo EDX - Pistón Suzuki Forsa 1



Nota. Probeta del pistón del motor Suzuki Forsa 1 utilizada para el análisis espectrómetro de rayos X

3.4. Análisis computacional

Con el análisis computacional vamos a poder estudiar los materiales más adecuados para el diseño del mecanismo biela manivela en donde utilizaremos un programa computacional de selección de materiales (Ces Edupack)

3.4.1. Ces Edupack

Para la selección de los materiales más adecuados para el mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se utilizó el programa de selección de materiales Ces Edupack 2009 en donde encontramos una base de datos avanzado de nivel 3 en

donde se podrá elegir entre los 4026 materiales que tiene el programa y un nivel 3 de sustentabilidad que nos permite saber que tan factible es utilizar ese material para la construcción de algún componente.

Figura 21

Base datos avanzada de Ces Edupack

Avanzado



Nota. Selección de los niveles que se van utilizar en el Ces Edupack – Nivel 3 en materiales y Nivel 3 en sustentabilidad.

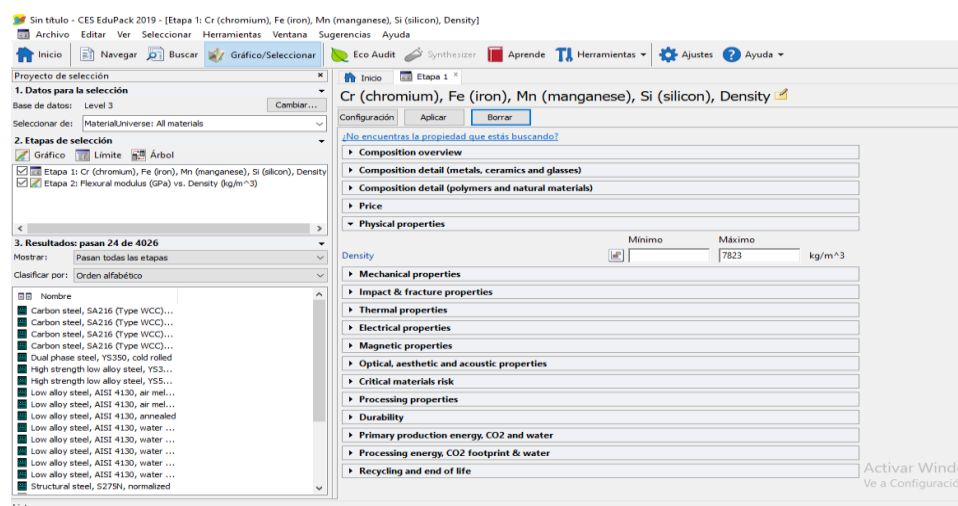
3.4.2. Etapa 1 – Ces Edupack

Para el análisis de los materiales más adecuados para el mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se analizara componente por componente en donde utilizaremos la composición química de cada componente y así poder un rango mínimo o máximo de cada elemento químico que tiene nuestro componente seleccionado en este caso analizaremos los materiales más adecuados para el bulón del mecanismo biela manivela.

En la barra de opciones encontramos el icono de Grafico/Seleccionar y seleccionamos la etapa de selección donde nos permite dar un límite para que nuestro programa tenga una idea de que material vamos a necesitar para el bulón, en la opción de limite podemos ingresar composición general, detalle de la composición, precio, propiedades físicas, propiedades químicas, propiedades térmica, propiedades eléctricas entre otros puntos más.

Figura 22

Etapa 1 para la selección de materiales



Nota. Selección de los límites en donde se utilizara la composición química y la densidad del componente seleccionado.

Una vez ingresado lo que es la composición química y la densidad del bulón podemos observar que nuestro grupo de materiales disminuye de 4026 a 24 materiales.

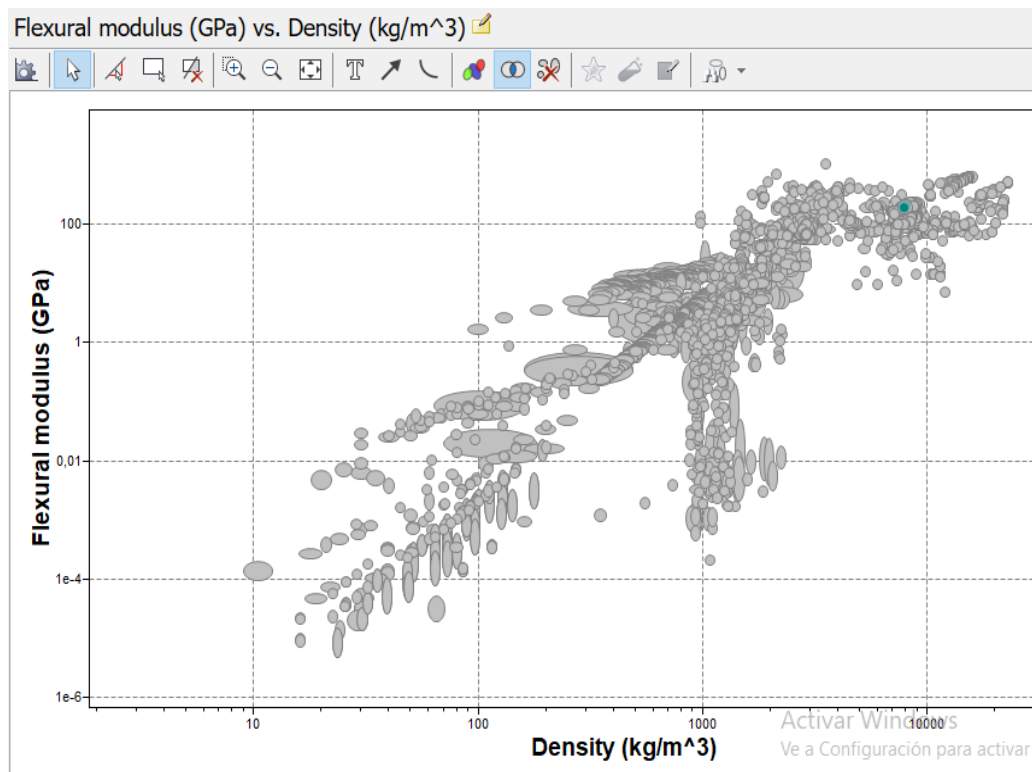
3.4.3. Etapa 2 – Ces Edupack

En la etapa 2 de la selección de los materiales más adecuados para el bulón del mecanismo biela manivela se procede a seleccionar la opción de grafico Ashby en donde vamos ingresar categorías para nuestros ejes (Y, X). Como se puede observar

en la figura 23 tenemos un diagrama Ashby del módulo de flexión vs densidad, en este diagrama nos indica con un color plomo los materiales que han sido eliminados por el límite que seleccionamos en nuestra etapa 1 y de color verde los materiales que están dentro de nuestro límite ingresado en la etapa 1.

Figura 23

Diagrama Ashby del módulo de flexión vs densidad



Nota. Diagrama Ashby para la selección de los materiales adecuados para el bulón del mecanismo biela manivela.

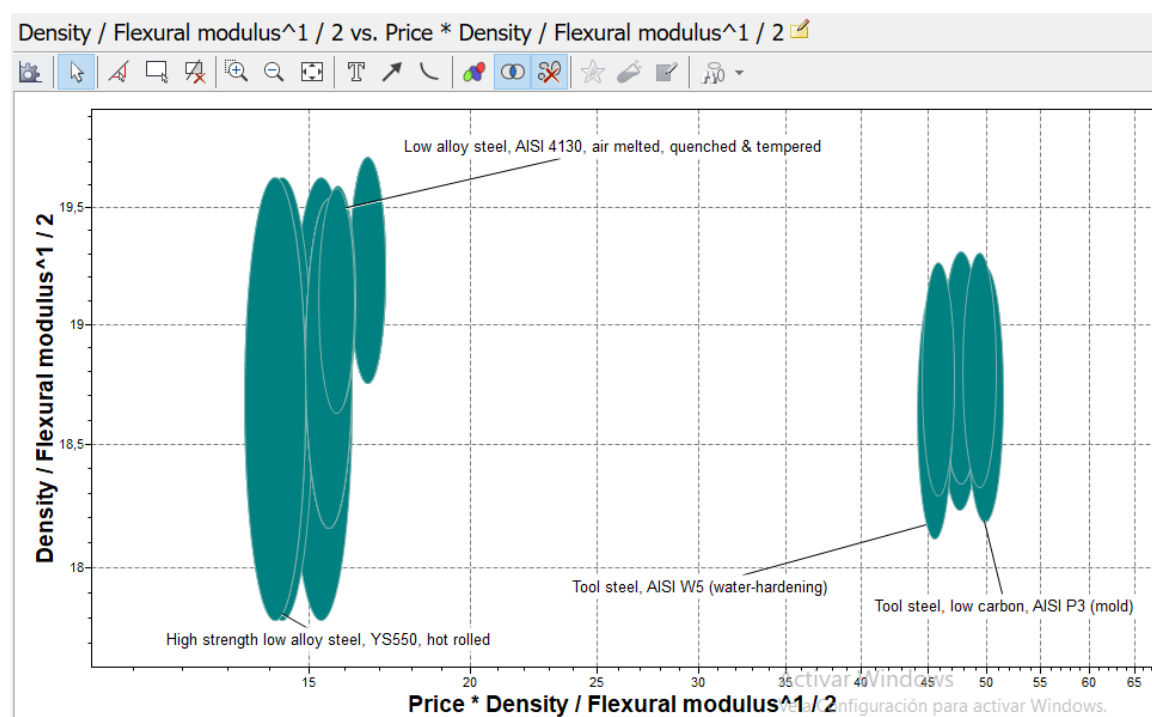
3.4.4. Etapa 3 – Ces Edupack

En la etapa 3 vamos a seleccionar un gráfico en donde analizaremos la flexión que está sometido nuestro bulón y el costo del material, en este punto el programa Ces Edupack analiza la gráfica con respecto a hoja de datos de cada material en donde

nosotros no tenemos que ingresar ninguna dato solamente la fórmula establecida por el Ces Edupack dando un diagrama Ashby donde se puede notar de mejor manera los 24 materiales que estaban dentro de nuestro primer limite y así poder seleccionar los materiales para poder sustentar en nuestro Nivel de sustentabilidad del Ces Edupack.

Figura 24

Diagrama Ashby del índice de optimización respecto al precio



Nota. Diagrama Ashby de los materiales seleccionados para el bulón del mecanismo biela manivela

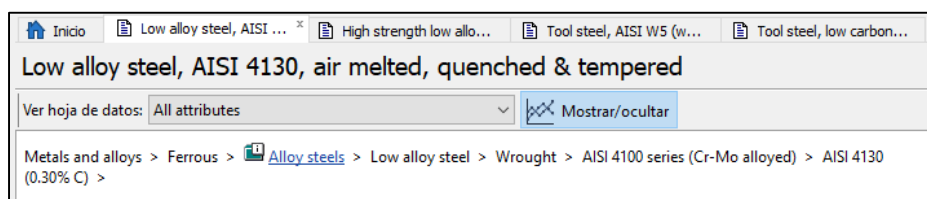
En la figura 24 podemos observar 4 materiales seleccionados para la construcción del bulón del mecanismo biela manivela, estos materiales fueron seleccionados ya que se encuentran más cerca de los límites establecido en la etapa 1 como es la densidad y composición química.

3.4.5. Sustentabilidad – Ces Edupack

En este nivel de sustentabilidad vamos ingresar los 4 materiales seleccionados para el bulón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1. En la opción de buscar ingresamos los nombres de los materiales para poder abrir la ficha del material y tener la ubicación exacta en donde se encuentra este material.

Figura 25

Materiales seleccionados para el bulón del mecanismo biela manivela



Nota. Ubicación de cada uno de los materiales seleccionados para sinterizar respecto al precio del componente.

Una vez abierto las 4 fichas se procede a realizar una sintetizador de cada uno de nuestros materiales esto se realiza respecto a un costo estimado por componente, entonces se procede a ubicar cada uno de nuestros materiales como se observa en la siguiente figura.

Figura 26

Costo estimado por parte del bulón del mecanismo biela manivela.

Part cost estimator

Cálculo del coste de la pieza: dirigido al diseño conceptual de la etapa inicial, cuando se están considerando varios materiales y aún no se han definido los detalles del diseño.

Considera:

- Material y hasta dos procesos de conformado
- Tamaño y complejidad de la pieza
- Formato estándar y personalizado
- Opciones para el reciclaje de residuos de fabricación

Detalles del componente

Material:

Valor del material de desecho: % del precio virgen

Masa de la pieza: kg

Longitud de la pieza: m

Tamaño del lote: Número de valores:

Nota. Datos requeridos para crear el registro del material en nuestro navegador

Ingresamos la ubicación del material, peso, longitud, tamaño del lote, proceso de conformado y el nombre del material damos en finalizar y se creara una carpeta de nuestros registros este mismo proceso lo realizamos para los 3 materiales restantes seleccionado para el bulón.

Una vez ingresado todos los datos que solicita la pestaña del costo estimado por parte nos dirigimos a la opción de grafico en donde vamos a trabajar con la opción de costo estimado y en nuestro eje Y seleccionamos costo estimado por parte y en nuestro eje X seleccionamos el tamaño de lote analizado. Con el fin de tener un gráfico Ashby del costo por parte vs el tamaño de lote del bulón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

De la misma forma que detallamos el procedimiento de selección de los materiales para el bulón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó para los componentes restantes como él cigüeña, brazo de biela, chaqueta de cigüeñal, chaqueta de biela y pistón.

Capítulo IV

4. Resultado de la investigación

Los siguientes resultados se han obtenido siguiendo la metodología del desarrollo del proyecto del capítulo anterior en donde se enfoca en un análisis espectrométrico de probetas del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

Dando el inicio a la investigación para tener una idea de cada uno de los materiales que componen el mecanismo y así poder seleccionar los materiales más adecuados mediante programas computacionales para la selección de materiales.

4.1. Resultados del análisis espectrométrico

Gracias al análisis espectrométrico podemos conocer la composición química de cada componente del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.1.1. Análisis espectrométrico óptico - Bulón de biela

En la Tabla 3 podemos observar la composición química del bulón de biela, este resultado se obtuvo mediante un análisis de espectrométrico óptico arrojando los siguientes valores.

Tabla 3

Composición química del bulón del motor Suzuki Forsa 1

Elemento	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	97.929
% Carbono (C)	0.230
% Silicio (Si)	0.215
% Manganeso (Mn)	0.614
% Fosforo (P)	0.014
% Níquel (Ni)	0.031

Elemento	Porcentaje (%)
% Cromo (Cr)	0.871
% Molibdeno (Mo)	0.008
% Cobre (Cu)	0.04
% Estaño (Sn)	0.007
% Aluminio (Al)	0.015
% Niobio (Nb)	0.008

Nota. En la presente tabla podemos conocer el porcentaje de cada elemento químico que contiene el bulón de biela

4.1.2. Análisis espectrométrico óptico - Brazo de biela

En la Tabla 4 podemos observar la composición química del brazo de biela, este resultado se obtuvo mediante un análisis de espectrómetro óptico arrojando los siguientes valores.

Tabla 4

Composición química del brazo de biela del motor Suzuki Forsa 1

Elementos	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	98.203
% Carbono (C)	0.545
% Silicio (Si)	0.262
% Manganeso (Mn)	0.783
% Fosforo (P)	0.012
% Azufre (S)	0.048
% Níquel (Ni)	0.024
% Cromo (Cr)	0.091
% Aluminio (Al)	0.004
% Niobio (Nb)	0.005

Nota. En la presente tabla podemos conocer el porcentaje de cada elemento químico que contiene el brazo de biela

4.1.3 Análisis espectrométrico óptico - Chaqueta de chaqueta de biela

En la Tabla 5 podemos observar la composición química de la chaqueta de biela, este resultado se obtuvo mediante un análisis de espectrométrico óptico arrojando los siguientes valores.

Se debe tener en cuenta los principales materiales para la fabricación de cojinetes de biela como de bancada en su parte externa están contruidos de acero o bronce y tienen un revestimiento de una aleación que puede ser de plomo, estaño, cobre, aluminio y antimonio que se caracteriza en brindar una propiedad de deslizamiento al ser un metal blando esto es justificable con una capacidad de carga baja. (Samaniego, Repositorio ESPE, 2006)

Tabla 5

Composición química de la chaqueta de biela del motor Suzuki Forsa 1

Elementos	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	99.55
% Carbono (C)	0.041
% Silicio (Si)	0.000
% Manganeso (Mn)	0.261
% Fosforo (P)	0.014
% Azufre (S)	0.007
% Níquel (Ni)	0.016
% Cromo (Cr)	0.038
% Aluminio (Al)	0.023
% Niobio (Nb)	0.01

Nota. En la presente tabla podemos conocer el porcentaje de cada elemento químico que contiene la chaqueta de biela

4.1.4 Análisis espectrométrico óptico - Chaqueta de cigüeñal

En la Tabla 6 podemos observar la composición química de la chaqueta de cigüeñal, este resultado se obtuvo mediante un análisis de espectrométrico óptico arrojando los siguientes valores.

Tabla 6

Composición química de la chaqueta de cigüeñal del motor Suzuki Forsa 1

Elementos	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	99.567
% Carbono (C)	0.036
% Silicio (Si)	0.000
% Manganeso (Mn)	0.271
% Fosforo (P)	0.013
% Azufre (S)	0.004
% Níquel (Ni)	0.016
% Cromo (Cr)	0.871
% Molibdeno (Mo)	0.008
% Cobre (Cu)	0.017
% Estaño (Sn)	0.001
% Aluminio (Al)	0.019
% Niobio (Nb)	0.007

Nota. En la presente tabla podemos conocer el porcentaje de cada elemento químico que contiene la chaqueta de cigüeñal.

4.1.5 Análisis espectrométrico óptico - Pistón y cigüeñal

Para nuestro análisis espectrométrico del pistón y el cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 no se pudo realizar el ensayo espectrométrico

debido a que estos elementos tienen diferentes aleaciones y nos arrojaban valores erróneos a nuestra hoja de datos digital por lo tanto se procede a realizar un ensayo de probeta en una máquina espectrométrica de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía.

4.2 Análisis de probetas en la máquina espectrométrica de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía.

Gracias al análisis de ensayos EDX podemos conocer las principales composiciones químicas que tienen los diferentes componentes del mecanismo de biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, este ensayo EDX es mucho más efectivo que un ensayo espectrométrico óptico. Esta técnica de análisis no destructiva permite la medición de una amplia variedad de tipos de muestras (sólidos, polvos, líquidos, películas, etc.). En el ensayo EDX se necesitan probetas que no superen los 300 mm de ancho y de 200 de alto por lo tanto se utilizaron las mismas probetas que analizamos en el ensayo espectrometro óptico.

4.2.1. Ensayo EDX - Bulón de biela

Para el ensayo EDX se utilizaron las mismas probetas que utilizamos en el ensayo espectrométrico óptico y podemos observar los resultados que arroja nuestra máquina espectrométrica de fluorescencia de rayos X en donde nos indica valores de elementos mucho más precisos y exactos de cada componente.

Tabla 7*Análisis espectrométrico de rayos X para el Bulón*

Elemento	Porcentaje (%)
Hierro (Fe)	98.054
Cromo (Cr)	0.986
Manganeso (Mn)	0.664
Silicio (Si)	0.211
Cobre (Cu)	0.043
Bromo (Br)	0.024
Plomo (Pb)	0.018

Nota. Resultado del ensayo espectrométrico de rayos X para el Bulón biela manivela.

4.2.2. Ensayo EDX - Brazo de biela

Para el ensayo espectrométrico de fluorescencia de rayos X del brazo de biela se utilizó la misma probeta que utilizamos en el ensayo espectrométrico óptico como se puede observar en la figura 16, y podemos observar los resultados que arrojo nuestra maquina espectrométrico de rayos X en donde nos indica valores de elementos mucho más precisos y exactos para el brazo de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

Tabla 8*Análisis espectrométrico de rayos X para el Brazo de biela*

Elemento	Porcentaje (%)
Hierro (Fe)	98.540
Manganeso (Mn)	0.859
Silicio (Si)	0.268
Aluminio (Al)	0.164
Cromo (Cr)	0.115
Azufre (S)	0.055

Nota. Resultado del ensayo Espectrométrico de fluorescencia de rayos X para el brazo de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.2.3. Ensayo EDX - Chaqueta de biela

Para el ensayo espectrométrico de fluorescencia de rayos X se utilizó la misma probeta que utilizamos en el ensayo espectrométrico óptico de la chaqueta de biela como se puede observar en la figura 17, y podemos observar los resultados que arroja nuestra máquina espectrométrica de fluorescencia de rayos X en donde nos indica valores de elementos mucho más precisos y exactos.

Tabla 9

Análisis espectrométrico de rayos X para la Chaqueta de biela

Elemento	Porcentaje (%)
Hierro (Fe)	97.063
Níquel (Ni)	2.060
Silicio (Si)	0.280
Aluminio (Al)	0.266
Manganeso (Mn)	0.190
Cromo (Cr)	0.105
Azufre (S)	0.035

Nota. Resultado del ensayo Espectrométrico de fluorescencia de rayos X para la chaqueta de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.2.4. Ensayo EDX - Chaqueta de cigüeñal

Para el ensayo espectrométrico de fluorescencia de rayos X se utilizó la misma probeta que utilizamos en el ensayo espectrométrico óptico como se puede observar en la figura 19, y podemos observar los resultados que arroja nuestra máquina

espectrométrico de rayos X en donde nos indica valores de elementos mucho más precisos y exactos.

Tabla 10

Análisis espectrométrico de rayos X para el Chaqueta del cigüeñal

Elemento	Porcentaje (%)
Hierro (Fe)	97.347
Níquel (Ni)	1.899
Manganeo (Mn)	0.254
Aluminio (Al)	0.174
Cromo (Cr)	0.165
Silicio (Si)	0.142
Azufre (S)	0.019

Nota. Resultado del ensayo Espectrométrico de fluorescencia de rayos X para la chaqueta del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.2.5 Ensayo EDX - Pistón

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de la composición química del Pistón de nuestro motor Suzuki Forsa 1 gracias al ensayo espectrométrico de rayos X que se realizó con la probeta del pistón.

Tabla 11*Análisis espectrométrico de rayos X para el Pistón*

Elemento	Porcentaje (%)
Silicio (Si)	52.538
Aluminio (Al)	29.651
Cobre (Cu)	5.853
Níquel (Ni)	4.479
Estaño (Sn)	4.195
Hierro (Fe)	1.603
Azufre (S)	0.423
Zinc (Zn)	0.366
Tántalo (Ta)	0.296
Cromo (Cr)	0.282
Plata (Ag)	0.172
Manganeso (Mn)	0.142

Nota. Resultado del ensayo Espectrométrico de fluorescencia de rayos X para el pistón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.2.6 Ensayo EDX - Cigüeñal

En la siguiente tabla se puede observar los resultados de la composición química del Cigüeñal de nuestro mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 gracias al ensayo espectrométrico de rayos X que se realizó con la probeta del Cigüeñal.

Tabla 12*Análisis espectrométrico de rayos X para el Cigüeñal*

Elemento	Porcentaje (%)
Hierro (Fe)	96.400
Silicio (Si)	2.471
Manganeso (Mn)	0.699
Cobre (Cu)	0.165
Cromo (Cr)	0.163
Osmio (Fe)	0.060
Molibdeno (Mo)	0.023
Azufre (S)	0.019

Nota. Resultado del ensayo Espectrómetro de fluorescencia de rayos X para el cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

El análisis del pistón y el cigüeñal se logró realizar con Espectrómetro de fluorescencia de rayos X debida a sus diferentes componentes químicos que tiene el pistón o el cigüeñal mientras que en el espectrómetro óptico no se logró realizar el ensayo ya que nos arrojaba valores erróneos.

4.3 Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces

Edupack

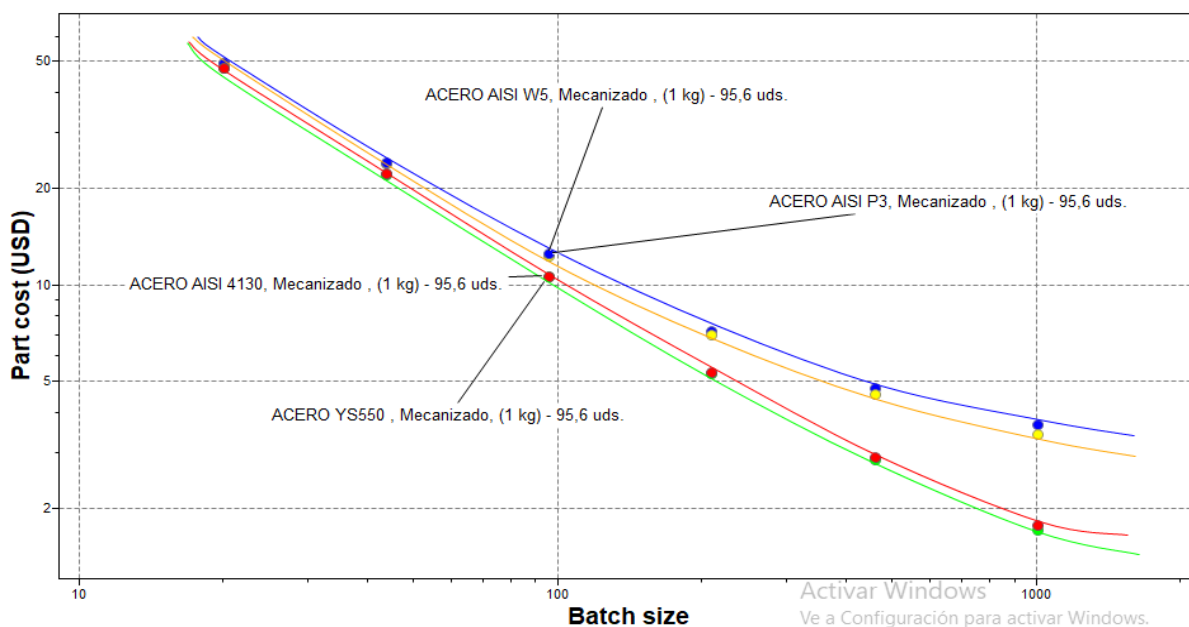
Para la obtención de los principales materiales del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se debe cumplir con las diferentes etapas y el nivel de sustentabilidad detallado en el capítulo anterior en el análisis del programa para la selección de materiales Ces Edupack, este procedimiento se desarrolló para cada uno de los componentes y nos dio como resultado un diagrama Ashby en donde nos indica cuatro materiales seleccionados que se pueden implementar para el diseño de los principales componentes del mecanismo biela manivela esta selección de materiales se

realizó basándose en los ensayos espectrométricos y la densidad de cada componente del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.1. Diagrama Ashby del bulón

Figura 27

Diagrama Ashby del bulón



Nota. Diagrama Ashby de la representación de los cuatro materiales seleccionado para el bulón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.2. Discusión de resultados de los materiales del Bulón

En el presente análisis de los materiales para el Bulón se pudo encontrar cuatro materiales que cumplen con las propiedades químicas y mecánicas para el diseño del bulón del mecanismo biela manivela en donde se observó el material AISI 4130 (Acero aleado) coincidía con los ensayos espectrométricos realizado y de igual manera con la densidad del material de 7790 Kg/m^3 una de las mejores opción para la selección de

este material se basa en su costo ya que tiene un valor aproximado de 0.84 USD/kg en donde es muy factible la selección de este material para el fabricante.

En la siguiente tabla podemos observar los cuatro materiales seleccionados para el diseño del bulón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa1, esta selección se realizó con su composición química que nos arrojó el ensayo espectrométrico y la densidad del bulón ya que tenemos la masa y el volumen del componente.

Tabla 13

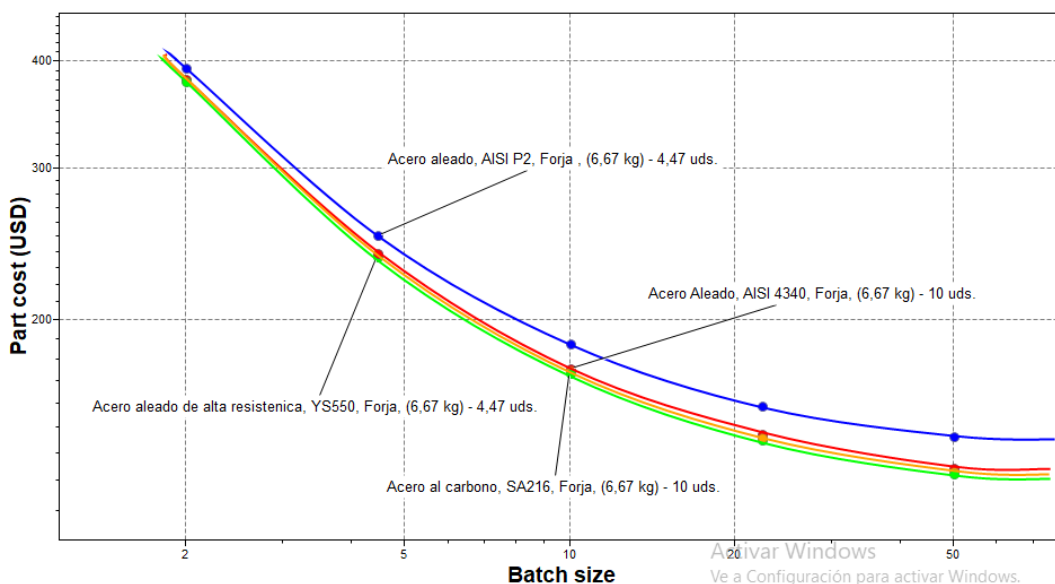
Materiales Bulón - Mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1

N°	Material – Bulón
1	Acero aleado, AISI 4130
2	Acero aleado de alta resistencia, YS550
3	Bajo en carbono, AISI P3
4	Bajo en carbono, AISI W5

Nota. Tabla de los principales materiales del bulón del mecanismo biela manivela

4.3.3. Diagrama Ashby del cigüeñal

Para la selección de los principales materiales del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó con el mismo procedimiento de selección detallado anteriormente para el bulón en nuestro nivel 3 de materiales y nivel 3 de sustentabilidad del programa de selección de materiales Ces Edupack y poder encontrar el diagrama Ashby representativo de los materiales adecuados para el cigüeñal.

Figura 28*Diagrama Ashby del Cigüeñal*

Nota. Diagrama Ashby de la representación de los cuatro materiales seleccionados para el cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.4. Discusión de resultados de los materiales del cigüeñal

En el análisis de los materiales para el cigüeñal se pudo encontrar cuatro materiales que cumplen las propiedades químicas y mecánicas para el diseño del cigüeñal del mecanismo biela manivela en donde se observó el material AISI 4340 (Acero aleado) coincidía con los ensayos espectrométricos realizado y de igual manera con la densidad del material de 7870 Kg/m^3 el principal factor para la selección como primera opción de este material fue su módulo de Young en donde tiene un valor mínimo de 200 y máximo de 210 GPa, el precio de este material no varía mucho en comparación de los otros 3 materiales. Por lo tanto el acero aleado AISI 4340 se toma como primera opción para la construcción del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

En la siguiente tabla podemos observar los cuatro materiales seleccionados para el diseño del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, esta selección se realizó con su composición química que nos arrojó el ensayo espectrométrico y la densidad del bulón ya que tenemos la masa y el volumen del componente.

Tabla 14

Materiales Cigüeñal - Mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1

N°	Material – Cigüeñal
1	Acero aleado, AISI 4340
2	Acero al carbono, SA216
3	Acero aleado de alta resistencia, YS550
4	Bajo en carbono, AISI P2

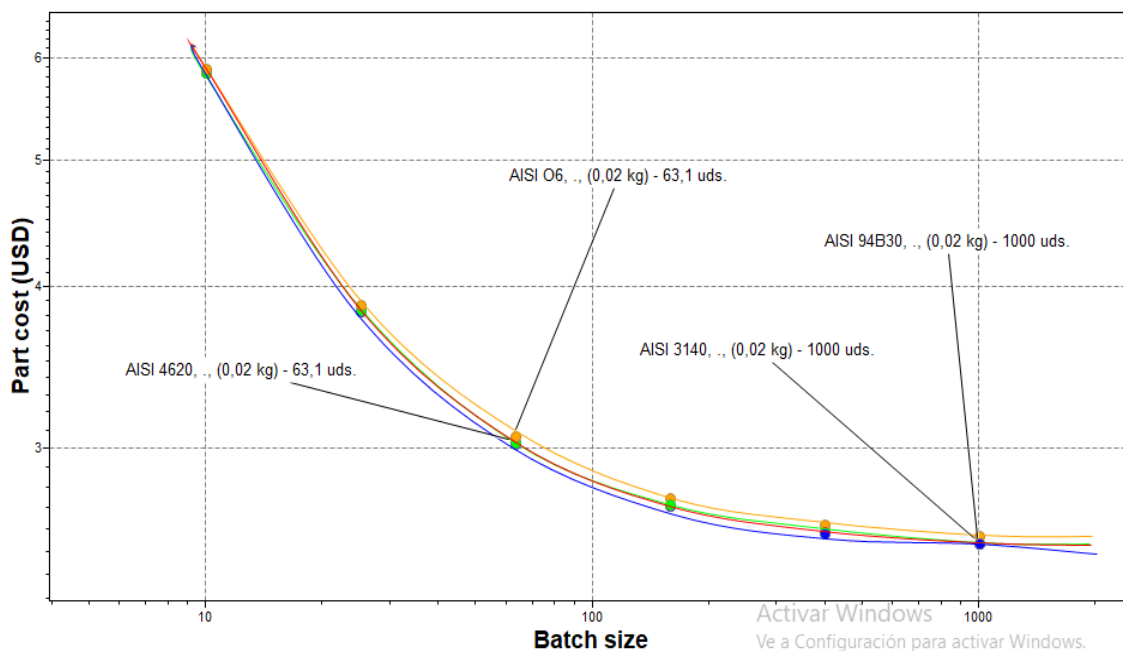
Nota. En la siguiente tabla se detalla los materiales seleccionados para el cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.5. Diagrama Ashby de la chaqueta del cigüeñal

Para la selección de los principales materiales de la chaqueta del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó con el mismo procedimiento que se detalló para el bulón en nuestro nivel 3 de materiales y nivel 3 de sustentabilidad en nuestro programa Ces Edupack y poder encontrar el diagrama Ashby representativo de los principales materiales de la chaqueta del cigüeñal.

Figura 29

Diagrama Ashby de la chaqueta de cigüeñal



Nota. Diagrama Ashby de la representación de los cuatro materiales seleccionados para la chaqueta del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.6. Discusión de resultados de los materiales de la chaqueta del cigüeñal

En el análisis de los materiales para las chaquetas del cigüeñal se pudo encontrar cuatro materiales que cumplen las propiedades químicas y mecánicas para el diseño de la chaqueta del cigüeñal del mecanismo biela manivela en donde se observó el material AISI 3140 (Acero aleado) coincidía con los ensayos espectrométricos realizados y de igual manera con la densidad del material de 7900 Kg/m^3 el principal factor que se tuvo en cuenta para la selección de este material es la temperatura de servicio de $650 \text{ }^\circ\text{C}$ que nos brinda este material y referente a los costos de este material tiene un valor de 0.94 USD/Kg lo cual representa un valor aceptado para la construcción

ya que el juego de chaquetas se encuentra entre un valor de \$18.00 USD el juego de chaquetas del cigüeñal.

Tabla 15

Materiales de la Chaqueta del Cigüeñal

N°	Material – Chaqueta del Cigüeñal
1	Acero aleado, AISI 3140
2	Acero aleado, AISI 4620
3	Acero aleado, AISI 94B30
4	Acero, AISI O6

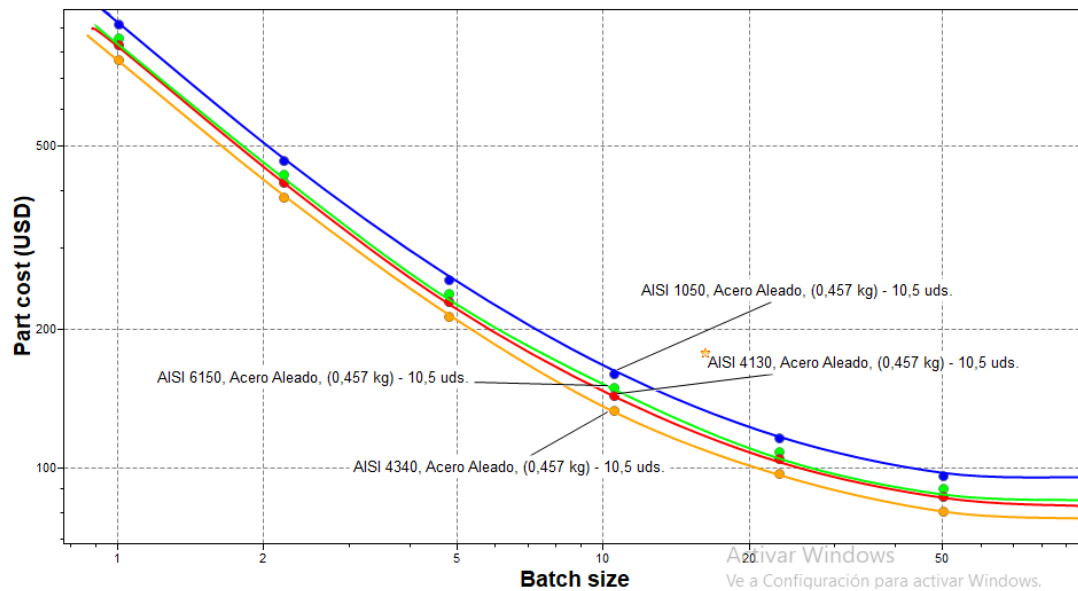
Nota. En la siguiente tabla se detalla los materiales seleccionados para las chaquetas del cigüeñal del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

4.3.7. Diagrama Ashby del Brazo de biela

Para la selección de los principales materiales del brazo de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó con el mismo procedimiento de selección detallado anteriormente para el bulón en nuestro nivel 3 de materiales y nivel 3 de sustentabilidad en nuestro programa Ces Edupack y poder encontrar el diagrama Ashby representativo de los materiales adecuados para el brazo de biela.

Figura 30

Diagrama Ashby del Brazo de biela



Nota. Diagrama Ashby de la representación de los cuatro materiales seleccionados para el brazo de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.8. Discusión de resultados de los materiales para el brazo de biela

En el análisis de los materiales para el brazo de biela se pudo encontrar cuatro materiales que cumplen las propiedades químicas y mecánicas para el diseño de la chaqueta del cigüeñal del mecanismo biela manivela en donde se observó el material AISI 4340 (Acero aleado) coincidía con los ensayos espectrométricos realizados y de igual manera con la densidad del material de 7870 Kg/m^3 el principal factor que se toma en cuenta en la selección de este material es su módulo de Young en donde tenemos un valor mínimo de 200 y un valor máximo de 210 GPa a comparación de los otros 3 materiales seleccionados por lo tanto el acero de baja aleado 4340 se toma como primera opción para el diseño del brazo de biela del motor Suzuki Forsa 1.

Tabla 16*Materiales del Brazo de biela*

N°	Material – Brazo de biela
1	Acero aleado, AISI 4340
2	Acero aleado, AISI 4130
3	Acero aleado, AISI 1050
4	Acero, AISI L2

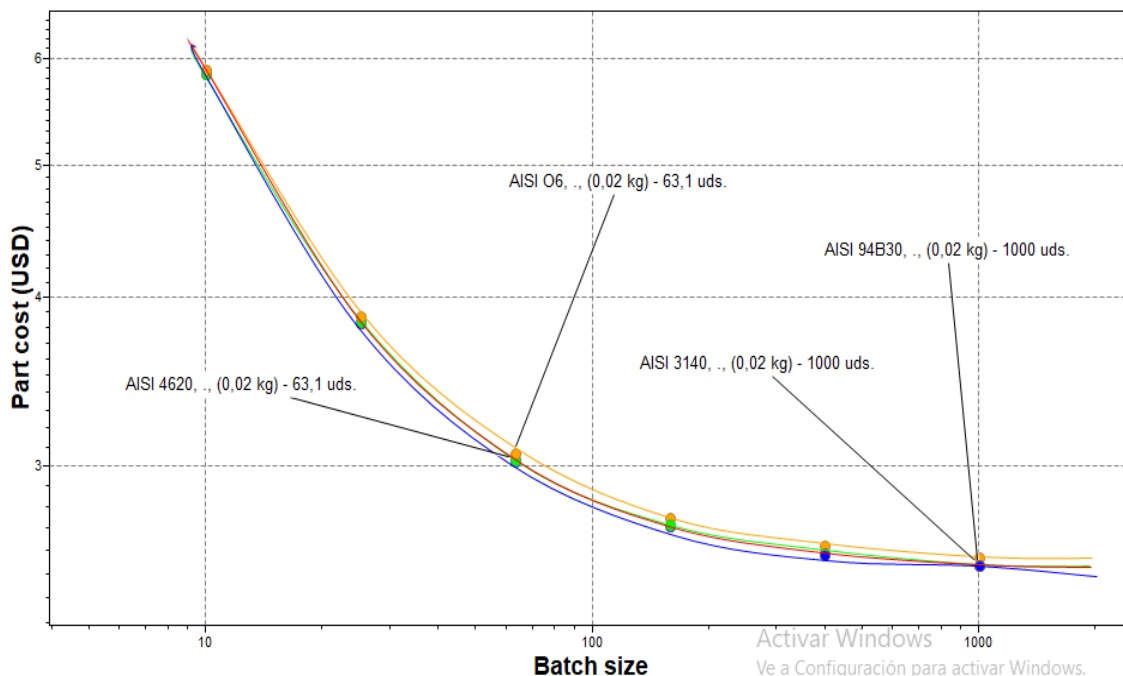
Nota. En la siguiente tabla se detalla los materiales seleccionados para el brazo de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

4.3.9. Diagrama Ashby de la chaqueta de biela

Para la selección de los principales materiales de la chaqueta de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó con el mismo procedimiento de selección detallado anteriormente para el bulón en nuestro nivel 3 de materiales y nivel 3 de sustentabilidad en nuestro programa Ces Edupack y poder encontrar el diagrama Ashby representativo de los materiales adecuados para la chaqueta de biela.

Figura 31

Diagrama Ashby de la chaqueta de biela



Nota. Diagrama Ashby de la representación de los cuatro materiales seleccionados para la chaqueta de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.10. Discusión de resultados de los materiales para la chaqueta de biela

En el análisis de los materiales para las chaquetas de biela se pudo encontrar cuatro materiales que cumplen las propiedades químicas y mecánicas para el diseño de la chaqueta de biela del mecanismo biela manivela en donde se observó el material AISI 3140 (Acero aleado) coincidía con los ensayos espectrométricos realizado y de igual manera con la densidad del material de 7900 Kg/m^3 el principal factor que se tuvo en cuenta para la selección de este material es la temperatura de servicio de $650 \text{ }^\circ\text{C}$ que nos brinda este material y referente a los costos de este material tiene un valor de 0.94 USD/Kg lo cual representa un valor aceptado para la construcción ya que el juego

de chaquetas se encuentra entre un valor de \$10.00 USD el juego de chaquetas del Biela.

Tabla 17

Materiales de la chaqueta de biela

N°	Material – Chaqueta del Biela
1	Acero aleado, AISI 3140
2	Acero aleado, AISI 4620
3	Acero aleado, AISI 94B30
4	Acero, AISI O6

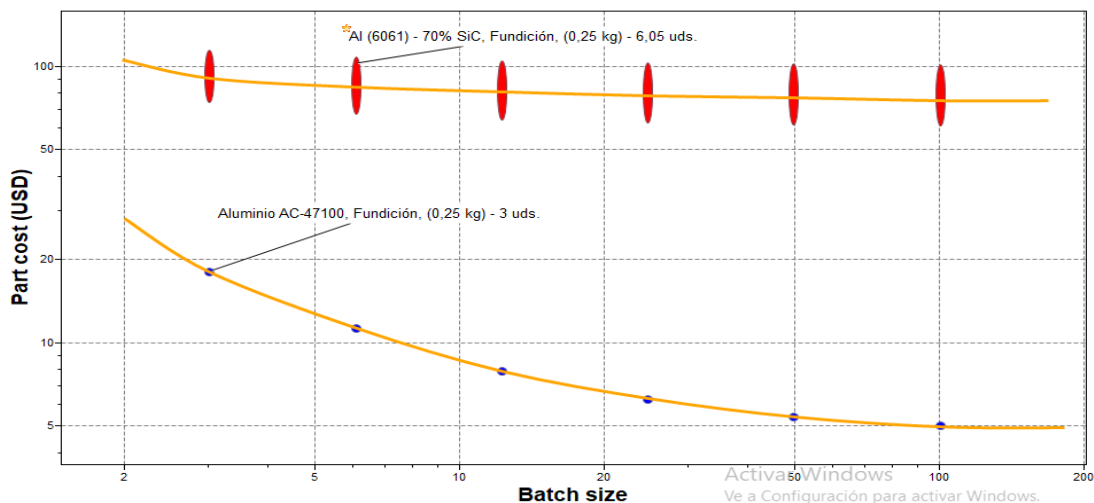
Nota. En la siguiente tabla se detalla los materiales seleccionados para la chaqueta de biela del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

4.3.11 Diagrama Ashby del Pistón

Para la selección de los principales materiales del Pistón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se realizó con el mismo procedimiento de selección detallado anteriormente para el bulón en nuestro nivel 3 de materiales y nivel 3 de sustentabilidad en nuestro programa Ces Edupack y poder encontrar el diagrama Ashby representativo de los materiales adecuados para el cigüeñal.

Figura 32

Diagrama Ashby del pistón



Nota. Diagrama Ashby de la representación de los dos materiales seleccionados para el pistón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1.

4.3.12. Discusión de resultados de los materiales del pistón

En el análisis de los materiales para el pistón se pudo encontrar dos materiales que cumplen las propiedades químicas y mecánicas para el diseño del pistón del mecanismo biela manivela en donde se observó que el material seleccionado como primera opción es un aluminio 6061 con 70% de Carburo de Silicio (SiC) coincidía con los ensayos espectrométricos realizado pero en precio tiene un valor de 353 USD/Kg el cual no es factible para su construcción por su elevado costo en donde se toma en cuenta el siguiente material el cual es el aluminio AC-47100 el cual tiene un costo de 2.72 USD/Kg en donde este material es mucho más factible para la construcción de la biela del motor Suzuki Forsa 1.

Tabla 18*Materiales del Pistón*

N°	Material – Pistón
1	Aluminio AC – 47100 (AlSi12Cu)
2	Aluminio 6061 – 70% SiC

Nota. En la siguiente tabla se detalla los materiales seleccionados para el Pistón del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

4.4. Tabla de materiales del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1

En la siguiente tabla se detalla las principales propiedades que tiene cada uno de los materiales seleccionados para los componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, como se puede observar se encuentran valores como la densidad, precio entre otras propiedades.

Tabla 19*Materiales para los principales componentes del mecanismo Biela - Manivela*

Componente	N°	Materiales	Densidad (kg/m ³)	Módulo de Young (GPa)	Precio USD/kg	Punto de fusión °C	Temperatura Max servicio °C
Bulón	1	Acero aleado, AISI 4130	7790	200-210	0,84	1510	496
	2	Acero aleado de alta resistencia, YS550	7800	200-221	0,77	1510	502
	3	Acero, AISI P3	7720	203-214	2,7	1500	215
	4	Acero, AISI W5	7730	204-215	2,47	1500	215
Cigüeñal	1	Acero aleado, AISI 4340	7870	200-210	1,08	1510	180
	2	Acero al carbono, SA216	7840	198-209	0,88	1530	727
	3	Acero aleado de alta resistencia, YS550	7900	200-221	0,77	1510	215
	4	Acero aleado con porcentaje de carbono, AISI P2	7940	204-214	2,65	1530	727
Chaqueta de cigüeñal	1	Acero aleado, AISI 3140	7900	201-212	0,94	1500	650
	2	Acero aleado, AISI 4620	7900	201-212	1,07	1520	661
	3	Acero aleado, AISI 94B30	7800	206-216	0,87	1510	305
	4	Acero aleado con porcentaje de carbono, AISI O8	7770	204-214	2,57	1510	215
Brazo de biela	1	Acero aleado, AISI 4340	7870	200-210	1,08	1510	180
	2	Acero aleado, AISI 4130	7840	198-206	0,95	1510	496
	3	Acero al carbono, AISI 1050	7900	208-216	2,58	1500	195
	4	Acero aleado con porcentaje de carbón, AISI L2	7940	204-214	2,58	1500	195
Chaqueta de biela	1	Acero aleado, AISI 3140	7900	201-212	0,94	1500	650
	2	Acero aleado, AISI 4620	7900	201-212	1,07	1520	661
	3	Acero aleado, AISI 94B30	7800	206-216	0,87	1510	305
	4	Acero aleado con porcentaje de carbón, AISI O8	7770	204-214	2,57	1510	215
Pistón	1	Aluminio, EN AC-47100	4730	73,5-76,5	2,61	534	170
	2	Aluminio 6061	3001	255-265	353	650	290

Nota. Tabla de propiedades de los materiales seleccionados (Autor, 2022)

Capítulo V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

- Mediante los análisis espectrométricos realizados en los principales componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 se pudo conocer la composición química de cada componente con el fin de utilizar en nuestro programa computacional para dar valores mínimos o máximos en la composición química del material que estamos analizando y así poder conocer de una forma más rápida el material adecuado para ese componente analizado.
- El programa Ces Edupack presenta niveles para la selección de material en donde nuestro análisis de materiales se realizó en un nivel 3 del Ces Edupack el cual nos brinda 4026 materiales que se pueden utilizar para la construcción de componentes, otra ventaja del programa Ces Edupack son sus fichas técnicas de cada material que se haya seleccionado en donde tenemos diferentes propiedades químicas, mecánicas, físicas, térmicas entre otras que nos ayuda el programa Ces Edupack.
- Se implementó una tabla de alternativa de materiales para los principales componentes del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1 en donde podemos conocer materiales que se pueden utilizar para su diseño teniendo en cuenta precios o temperaturas de funcionamiento, esta selección de materiales se realizó gracias a su composición química y su densidad de cada material.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar ensayos a los materiales seleccionados del mecanismo biela manivela del motor Suzuki Forsa 1, para poder saber si estos materiales se pueden implementar en otras marcas de vehículos.
- Se recomienda realizar una investigación de diferentes programas computacionales que se utilizan para la selección avanzada de materiales en el campo automotriz, ya que será de mucha ayuda en saber de qué material están echo cada uno de los componentes de un vehículo.
- Se recomienda utilizar equipos actualizados para poder realizar ensayos y tener valores más exactos para los diferentes análisis

Bibliografía

Alcalá, F. (2021). *Formación Alcalá*. Obtenido de Formación Alcalá:

<https://www.formacionalcala.es/articulos/68/espectrometria-de-masas-que-es-elementos-y-usos-en-el-laboratorio-clinico>

Callister, W. (2002). *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*. Barcelona : REVERTÉ S.A.

Obtenido de Ciencia e Ingeniería de los Materiales .

Copyright. (2021). *Materiales de Laboratorio*. Obtenido de Materiales de Laboratorio:

<https://materialeslaboratorio.com/espectrometro/>

Edupack, C. (12 de Junio de 2018). *Material inspiration GRANTA*. Obtenido de Material inspiration GRANTA:

https://www.grantadesign.com/download/pdf/edupack2018/overview_spa.pdf

ESSS. (2021). *Simulating the future* . Obtenido de Simulating the future :

<https://www.esss.co/es/blog/selector-ces-puede-hacer-el-proceso-de-seleccion-mas-agil-y-assertivo/>

Gálvez, A. V. (01 de 09 de 2020). *Estudio y diseño de un modelo configurable de mecanismo biela - corredera* . Obtenido de estudio y diseño de un modelo configurable de mecanismo biela - corredera:

http://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/12143/1/TFG_AVG_MECBMC.pdf

Groover, M. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México: Mc Graw Hill.

HelloAuto. (2022). *Hello Auto* . Obtenido de Hello Auto :

<https://helloauto.com/glosario/bulon>

Lara, A. (19 de Septiembre de 2018). *Análisis y Rendimiento Térmico en Motores Diésel*. Obtenido de Análisis y Rendimiento Térmico en Motores Diésel:

<https://ingenieromarino.com/teoria-de-la-turbocompresion/>

- Mena, M. (Septiembre de 2014). *Estudio y análisis teórico - práctico del comportamiento de un motor suzuki g10 previo y posterior a su trucaje*. Obtenido de estudio y análisis teórico - práctico del comportamiento de un motor suzuki g10 previo y posterior a su trucaje: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8963/1/T-ESPEL-MAI-0484.pdf>
- Mercedes, R. (10 de Enero de 2014). *Caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible*. Obtenido de caracterización de un motor de combustión interna con dos tipos de combustible: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt417.pdf>
- Newell, J. (2010). *Ciencia de los materiales - Aplicaciones en Ingeniería*. México: Alfaomega Grupo Editor, S.A . Obtenido de Ciencia de los materiales - Aplicaciones en Ingeniería.
- Norton, R. (2005). *Diseño de maquinaria* . México : Mc Graw Hill - Education .
- Ocaña, A. O. (2001). *TRATADO DEL AUTOMÓVIL*. ESPAÑA: CIE DOSSAT.
- Paucar, B. (15 de Julio de 2019). *Software de código abierto para facilitar el proceso de selección de materiales según la metodología de Ashby*. Obtenido de Software de código abierto para facilitar el proceso de selección de materiales según la metodología de Ashby: https://www.researchgate.net/publication/335730899_Software_de_codigo_abierto_para_facilitar_el_proceso_de_seleccion_de_materiales_segun_la_metodologia_de_Ashby
- Reyes, G. (28 de Abril de 2017). *Análisis mecánico del brazo de biela mediante norma ASTM*. Obtenido de Análisis mecánico del brazo de biela mediante norma ASTM: <file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/Dialnet-AnalisisMecanicoDelBrazoDeBielaMedianteNormaASTME8-5994747.pdf>

- Romero, J. (2019). *Análisis del comportamiento de un pistón diseñado y manufacturado por medio de control numérico computarizado*. Obtenido de análisis del comportamiento de un pistón diseñado y manufacturado por medio de control numérico computarizado:
<http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/20714/T-ESPEL-MAI-0657.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Samaniego, G. (2006). *comparación de las características de eficiencia de un motor suzuki forsa g10* . obtenido de comparación de las características de eficiencia de un motor suzuki forsa g10 :
<http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/3420/1/T-ESPEL-0211.pdf>
- Schmid, R. (2008). *Manufactura, ingeniería y tecnología* . España: Pearson Educación.
- Scientific, T. (2016). *Espectrómetro de emisión óptica (OES)*. Obtenido de Espectrómetro de emisión óptica (OES): <http://www.panatec-industria.com/oes/oes.pdf>
- SHIMADZU. (2013). *EDX Series EDX - 720/800HS*. Obtenido de EDX Series EDX - 720/800HS: http://www.smart-inc.com.tw/uploads/root/EDX_720_800HS.pdf
- Smith, W. (15 de Enero de 1998). *Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales* . Obtenido de Fundamentos de la ciencia e ingeniería de materiales:
https://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-08-14_06-55-05108626.pdf

Anexos