

TRABAJO DE UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO
DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: “ESTUDIO DE LOS MATERIALES ADECUADOS PARA EL DISEÑO DEL
MECANISMO BIELA MANIVELA DE UN MOTOR A GASOLINA BAJO PROGRAMAS
COMPUTACIONALES”

AUTOR: QUINATOA TAPIA, WILLINGTON BLADIMIR

TUTOR: MCs. LARA NUÑEZ, MARIO ALCIDEZ

LATACUNGA, MARZO 2022





➤ **CONTENIDO**

1

• Introducción

2

• Justificación

3

• Objetivos

4

• Metodología

5

• Resultados

6

• Conclusiones

7

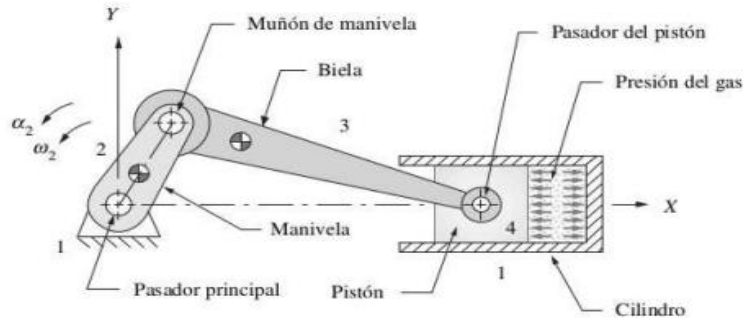
• Recomendaciones



➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones

➤ INTRODUCCIÓN



El mecanismo biela manivela nos permite tener un movimiento lineal alternativo a partir de un movimiento rotativo o viceversa.



La biela ya que es el encargado en transmitir la energía química generada en la cámara de combustión en una energía cinética



Los ingenieros mecánicos buscan materiales para trabajar en altas temperaturas para que los diferentes motores puedan operar más eficientemente



ANÁLISIS ESPECTRÓMETRO

Análisis nos ayudaran a determinar los resultados correctos de la composición de los materiales.

1. Espectrómetro de masas

Utilizado para sustancias y poder conocer su composición



2. Espectrómetro de emisiones ópticas

Utilizado para probetas solidos y de películas delgadas dando como resultado los componentes químicos reales



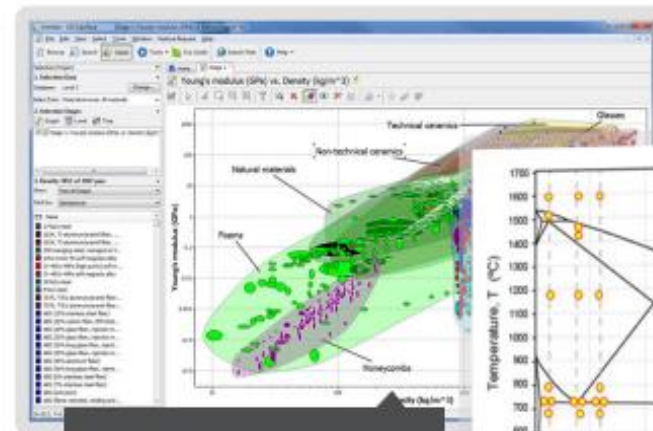
3. Espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía

Tipos de muestras (solidos, polvos, líquidos, películas dejadas, etc.) para muestras de 300 mm de ancho y 150 mm de alto



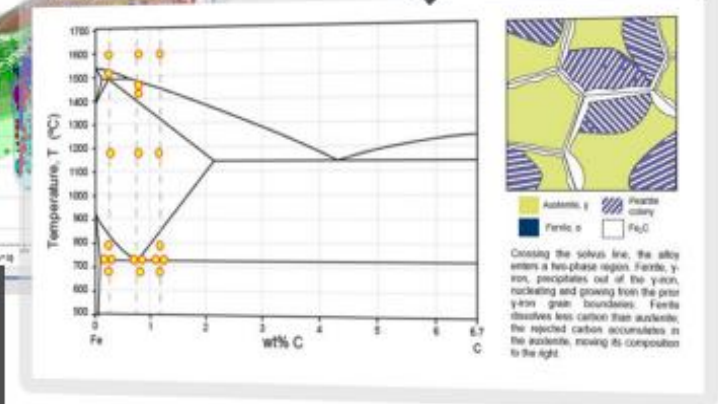
CES EDUPACK

- Aplicación de fácil acceso
- Encontrar hasta 4026 materiales
- Cubren la aeronáutica, polímeros, arquitectura e ingeniería civil, bio – materiales y eco diseño
- Dividido por niveles de complejidad
- Fichas técnicas de cada materiales



Gráficos de propiedades materiales (Nivel avanzado)

Herramienta interactiva de Diagrama de Fases





- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones



➤ JUSTIFICACIÓN

Mejoramiento del motor donde nos brindan mayor velocidad con menor consumo de combustible



El mecanismo biela manivela está sometido a diferentes esfuerzos y con repetitivos ciclos de trabajo



Estudio de materiales bajo programas computacionales.
Enfocados en el mecanismo biela manivela motor Suzuki Forsa 1.





➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • **Objetivos**
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones



Objetivo General

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

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



➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones

Componentes, medición de pesos de cada elemento del mecanismo Biela – Manivela

1. Componentes del mecanismo biela manivela - Motor Suzuki Forsa 1



3. Peso de cada componente 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

2. *Peso del pistón del motor Suzuki Forsa 1*



4. Volumen de los componentes del mecanismo biela manivela

Componente	Volumen (cm ³)
Pistón	84.054
Bulón	8.1807
Chaqueta de cigüeñal	1.959
Chaqueta de biela	1.947
Brazo de biela	58.250
Cigüeñal	1035.014

Probetas utilizadas para el ensayo espectrométrico

➤ Brazo de biela



➤ Bulón de biela



➤ Cigüeñal



➤ Chaqueta de biela



➤ Chaqueta de cigüeñal



➤ Pistón





Análisis computacional

Base datos avanzada de Ces Edupack

Avanzado



Etapa 1 – Ces Edupack

Sin titulo - CES EduPack 2019 - [Etapa 1: Cr (chromium), Fe (iron), Mn (manganese), Si (silicon), Density]

Archivo Editar Ver Seleccionar Herramientas Ventana Sugerencias Ayuda

Inicio Navegar Buscar Gráfico/Seleccionar Eco Audit Synthesizer Aprende Herramientas Ajustes Ayuda

Proyecto de selección x

1. Datos para la selección

Base de datos: Level 3 Cambiar...

Seleccionar de: MaterialUniverse: All materials

2. Etapas de selección

Gráfico Limite Árbol

Etapa 1: Cr (chromium), Fe (iron), Mn (manganese), Si (silicon), Density

Etapa 2: Flexural modulus (GPa) vs. Density (kg/m³)

3. Resultados: pasan 24 de 4026

Mostrar: Pasan todas las etapas

Clasificar por: Orden alfabético

Nombre
Carbon steel, SA216 (Type WCC)...
Carbon steel, SA216 (Type WCC)...
Carbon steel, SA216 (Type WCC)...
Carbon steel, SA216 (Type WCC)...
Dual phase steel, YS350, cold rolled
High strength low alloy steel, YS3...
High strength low alloy steel, YS5...
Low alloy steel, AISI 4130, air mel...
Low alloy steel, AISI 4130, air mel...
Low alloy steel, AISI 4130, annealed
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Low alloy steel, AISI 4130, water ...
Structural steel, S275N, normalized

Inicio Etapa 1 x

Cr (chromium), Fe (iron), Mn (manganese), Si (silicon), Density

Configuración Aplicar Borrar

¿No encuentras la propiedad que estás buscando?

- Composition overview
- Composition detail (metals, ceramics and glasses)
- Composition detail (polymers and natural materials)
- Price
- Physical properties

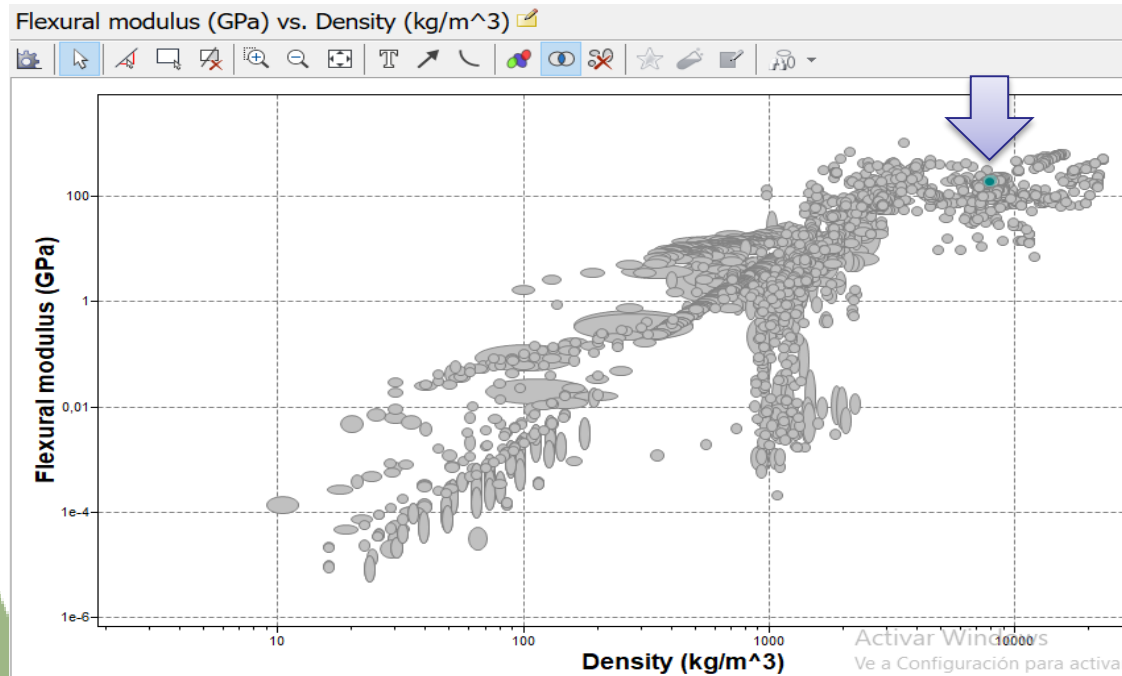
Density

Minimo	Máximo	Unit
	7823	kg/m ³

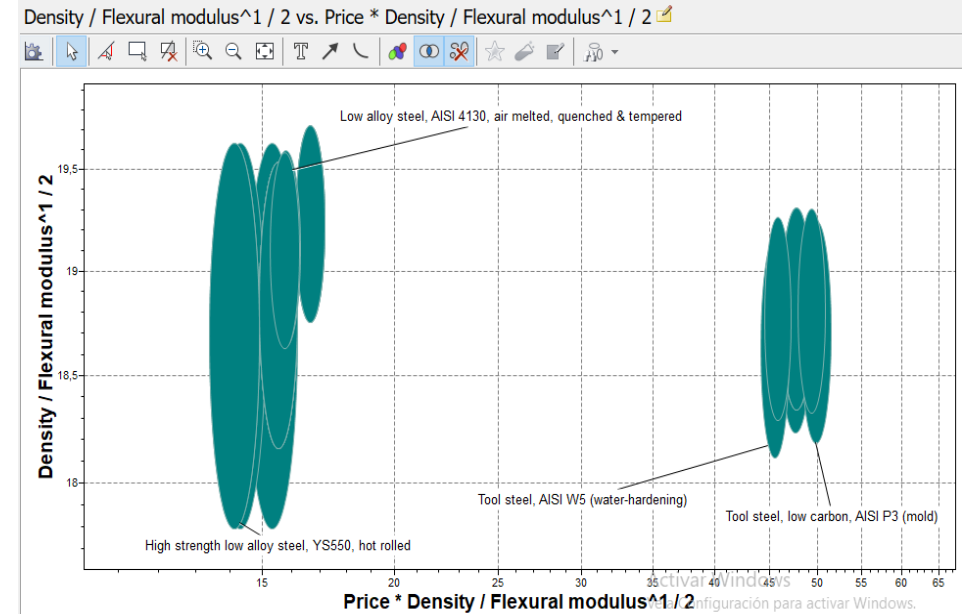
- Mechanical properties
- Impact & fracture properties
- Thermal properties
- Electrical properties
- Magnetic properties
- Optical, aesthetic and acoustic properties
- Critical materials risk
- Processing properties
- Durability
- Primary production energy, CO2 and water
- Processing energy, CO2 footprint & water
- Recycling and end of life

Activar Wind
Ve a Configuració

Etapa 2 – Ces Edupack



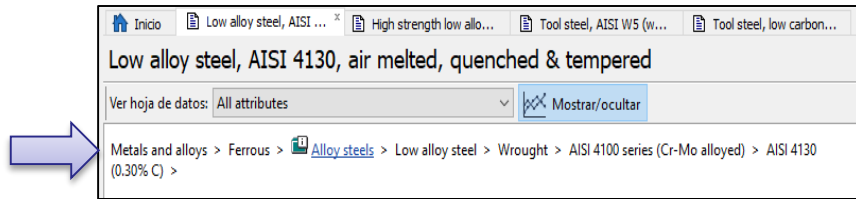
Etapa 3 – Ces Edupack



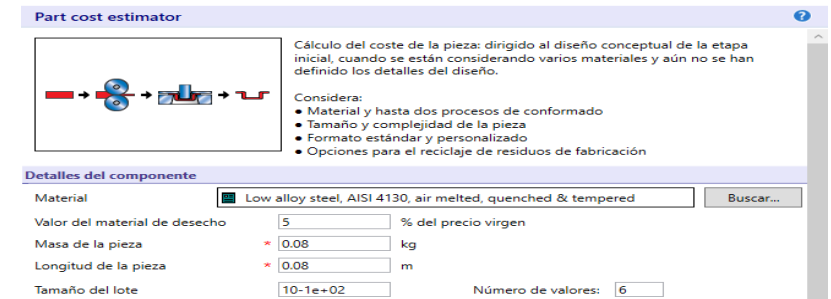
Abrir las fichas de cada material

Sustentabilidad – Ces Edupack

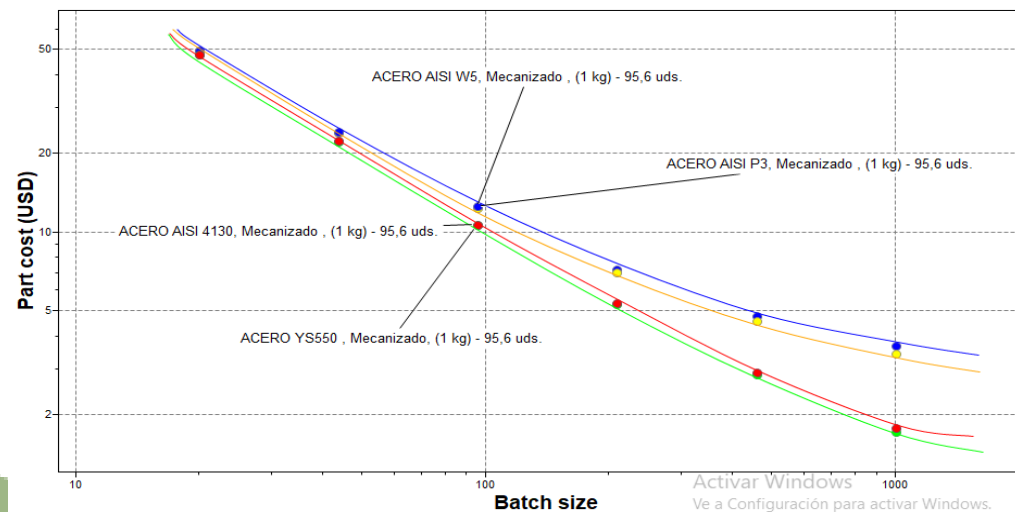
1. Ubicación del material dentro del Ces Edupack



2. Costo estimado material



3. Diagrama Ashby





➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones

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



➤ Bulón de biela

Elemento	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	97.929
% Cromo (Cr)	0.871
% Manganeso (Mn)	0.614
% Carbono (C)	0.230
% Silicio (Si)	0.215
% Cobre (Cu)	0.040
% Níquel (Ni)	0.031
% Aluminio (Al)	0.015
% Fosforo (P)	0.014
% Niobio (Nb)	0.008
% Molibdeno (Mo)	0.008
% Estaño (Sn)	0.007
% Azufre (S)	0.004

➤ Brazo de biela

Elementos	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	98.203
% Manganeso (Mn)	0.783
% Carbono (C)	0.545
% Silicio (Si)	0.262
% Cromo (Cr)	0.091
% Azufre (S)	0.048
% Níquel (Ni)	0.024
% Fosforo (P)	0.012
% Cobre (Cu)	0.012
% Niobio (Nb)	0.005
% Molibdeno (Mo)	0.004
% Aluminio (Al)	0.004
% Estaño (Sn)	0.001



➤ **Chaqueta de biela**

Elementos	Porcentaje (%)
% Hierro (Fe)	99.567
% Cromo (Cr)	0.771
% Manganeso (Mn)	0.275
% Carbono (C)	0.040
% Aluminio (Al)	0.020
% Cobre (Cu)	0.016
% Fosforo (P)	0.014
% Níquel (Ni)	0.010
% Azufre (S)	0.004
% Molibdeno (Mo)	0.007
% Niobio (Nb)	0.007
% Estaño (Sn)	0.001

➤ **Chaqueta de cigüeñal**

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

**Análisis espectrométrico óptico -
Pistón y cigüeñal**



➤ **RESULTADOS**

Análisis de probetas en la maquina espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía.



➤ **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

➤ **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

➤ **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



Análisis de probetas en la maquina espectrómetro de fluorescencia de rayos X de dispersión de energía.

➤ 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

➤ 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

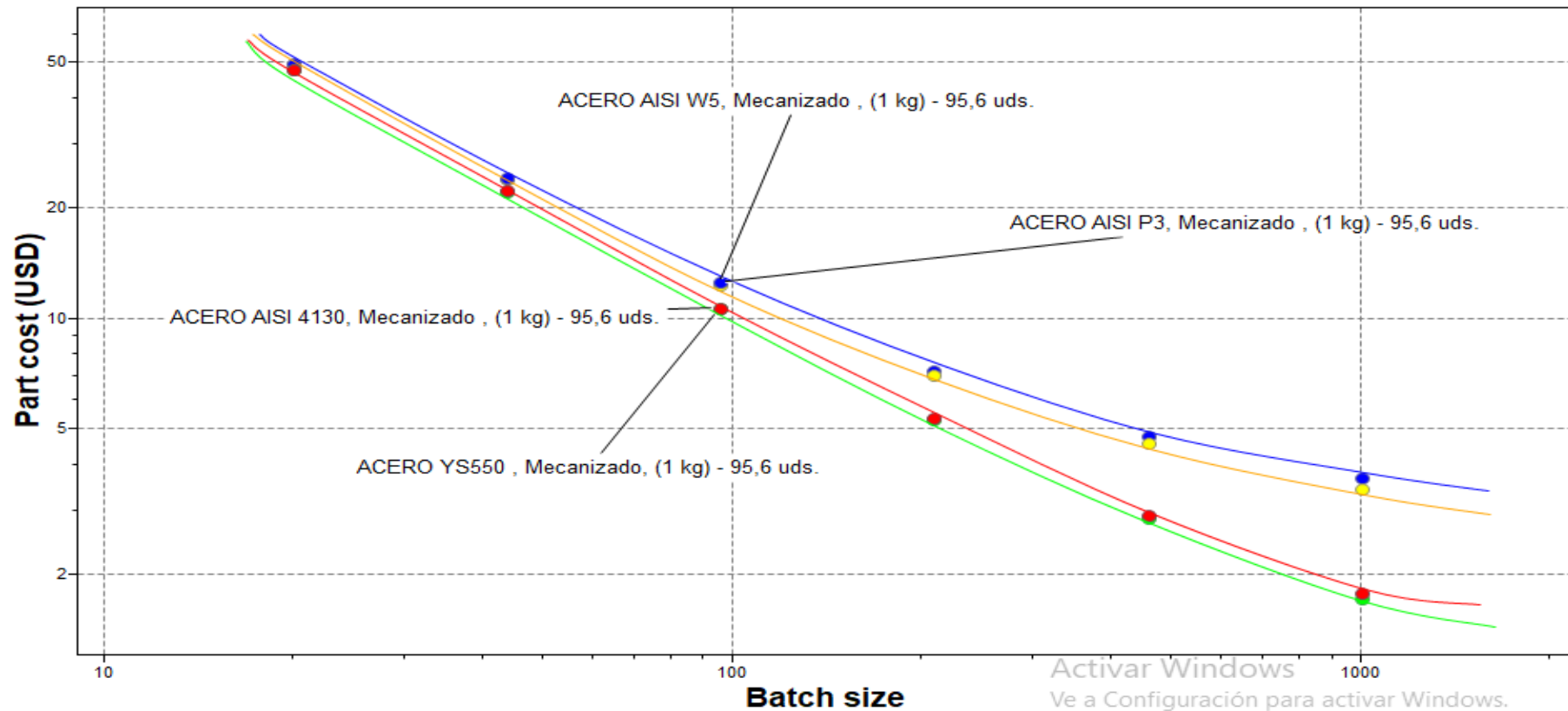
➤ Cigüeñal

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



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby del bulón



Activar Windows
Ve a Configuración para activar Windows.



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales del Bulón

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

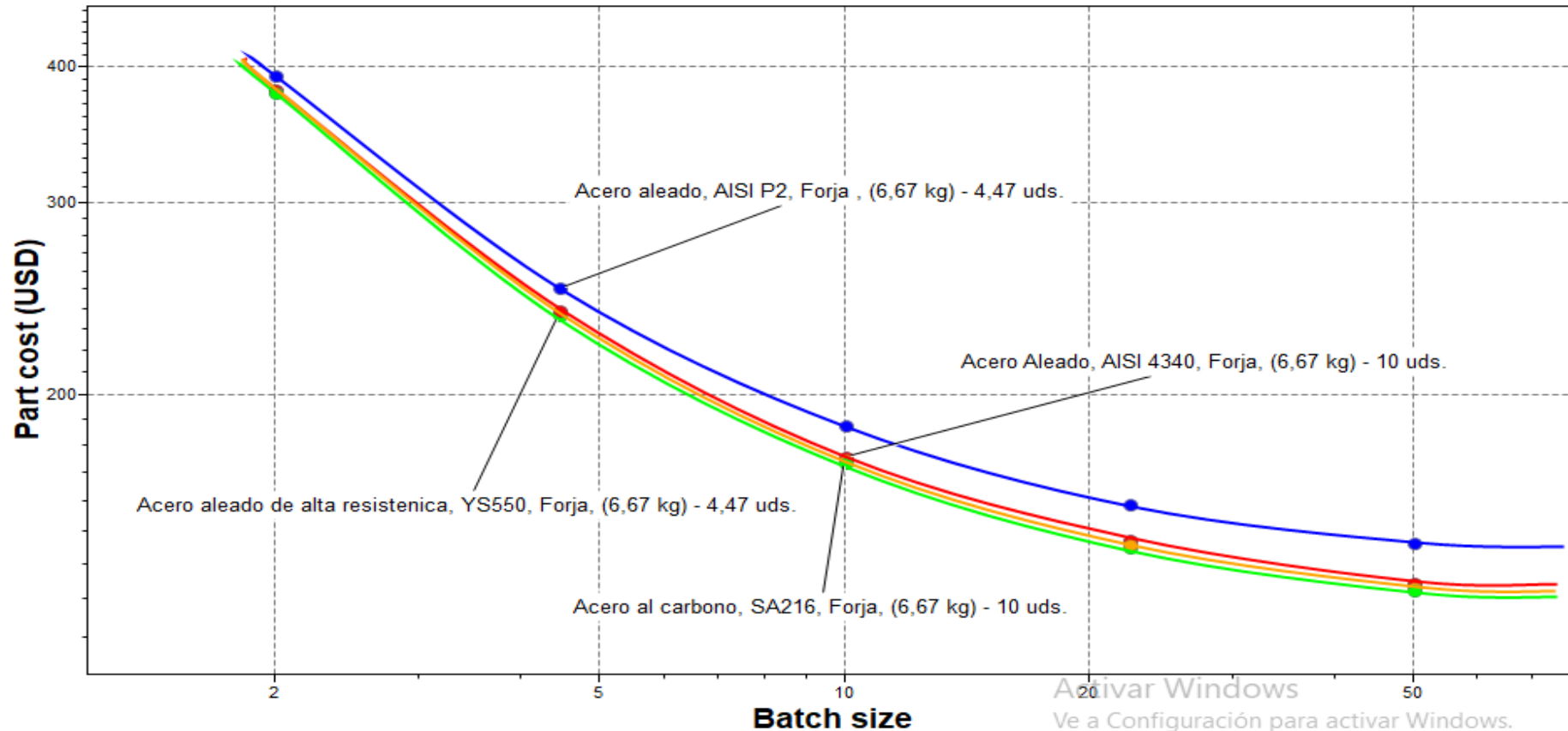
AISI 4130 (Acero aleado)

- Cumplen con las propiedades químicas y mecánicas
- Densidad del material de 7790 Kg/m³
- Tiene un valor aproximado de 0.84 USD/kg y es muy factible la selección de este material para el fabricante



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby del Cigüeñal





Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales del cigüeñal

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

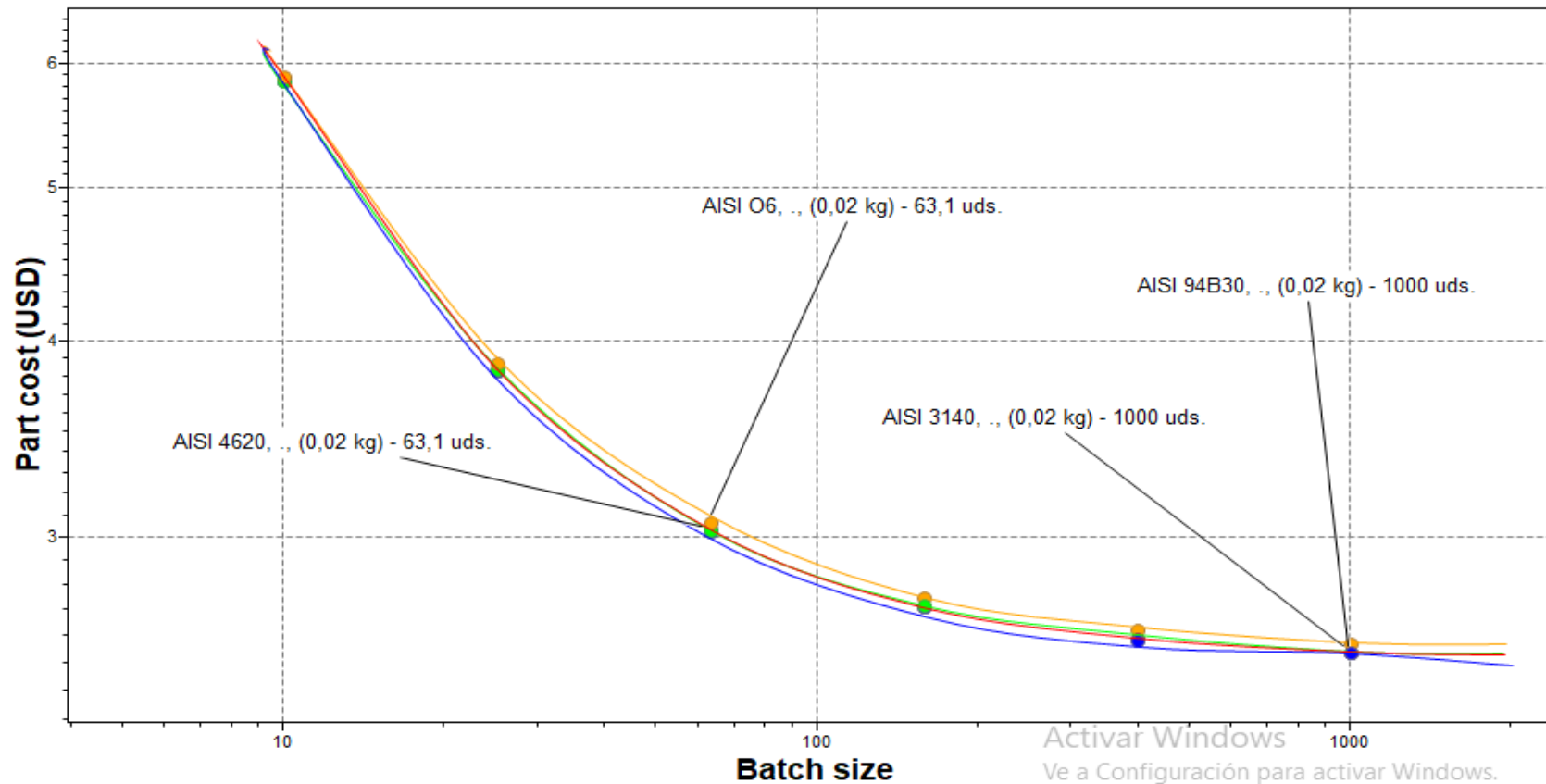
AISI 4340 (Acero aleado)

- Densidad del material de 7870 Kg/m³
- Coincidía con los ensayos espectrómetricos
- El precio de este material no varía mucho en comparación de los otros 3 materiales.



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby de la chaqueta de cigüeñal





Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales de la chaqueta de 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

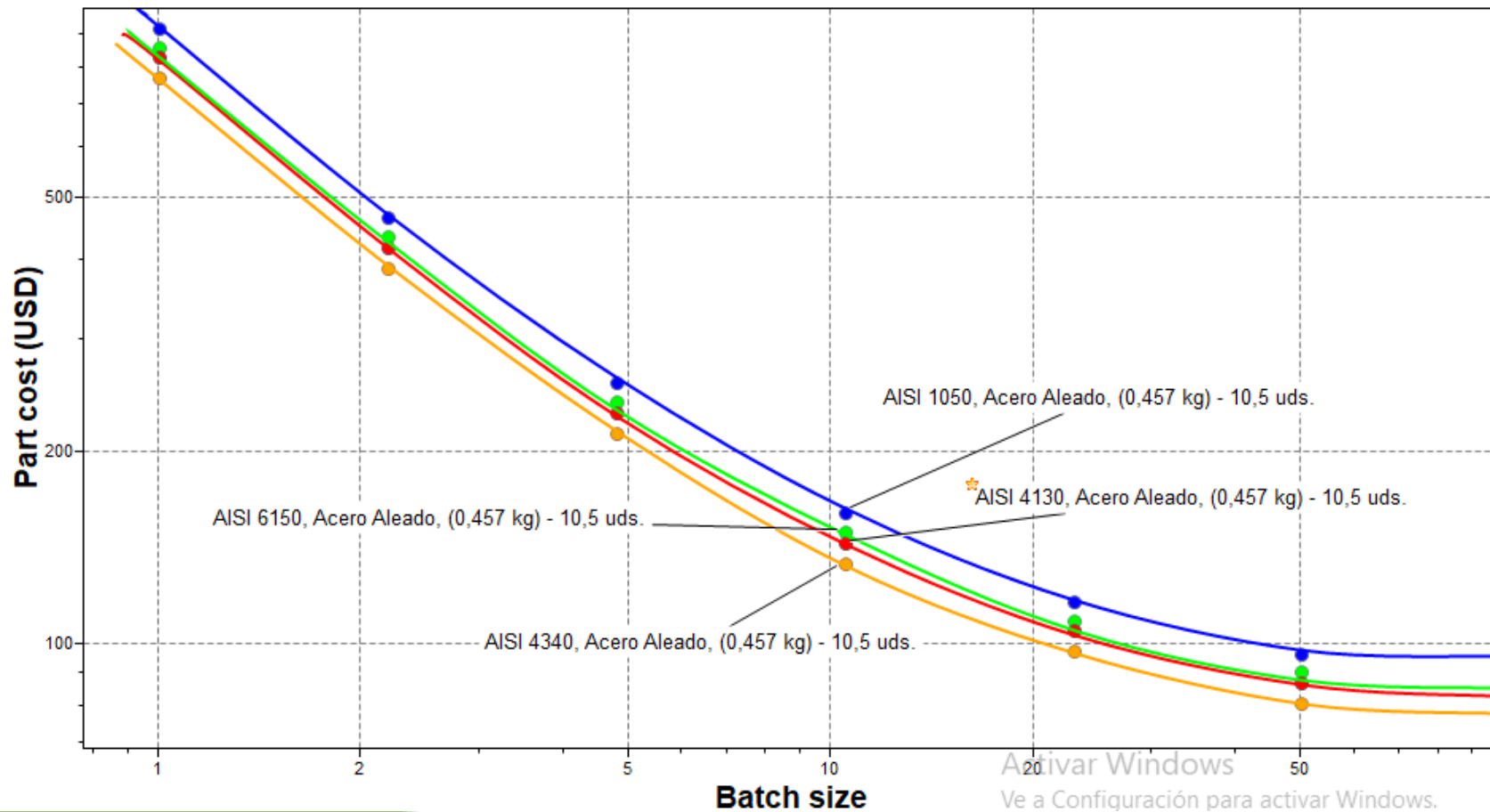
AISI 3140 (Acero aleado)

- Cumplen con las propiedades químicas y mecánicas
- Densidad del material de 7900 Kg/m³
- Temperatura de servicio de 650 °C
- Costos de este material tiene un valor de 0.94 USD/Kg
- Juego de chaquetas del cigüeñal se encuentra entre un valor de \$18.00 USD



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby del Brazo de biela





Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales para el 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

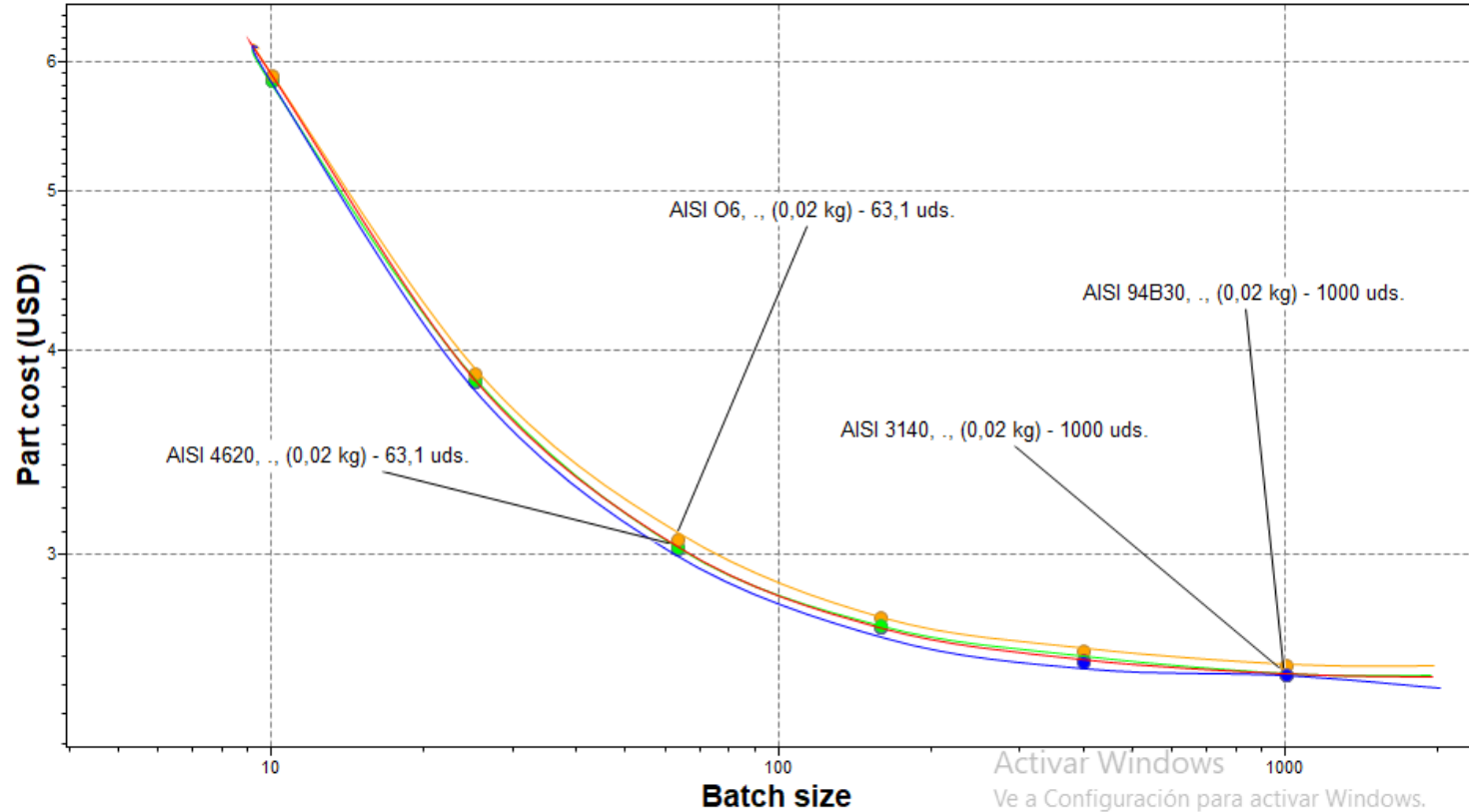
AISI 4340 (Acero aleado)

- Ensayos espectrómetricos
- Densidad del material de 7870 Kg/m³
- Módulo de Young en donde tenemos un valor mínimo de 200 y un valor máximo de 210 Gpa



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby de la chaqueta de biela





Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales para 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

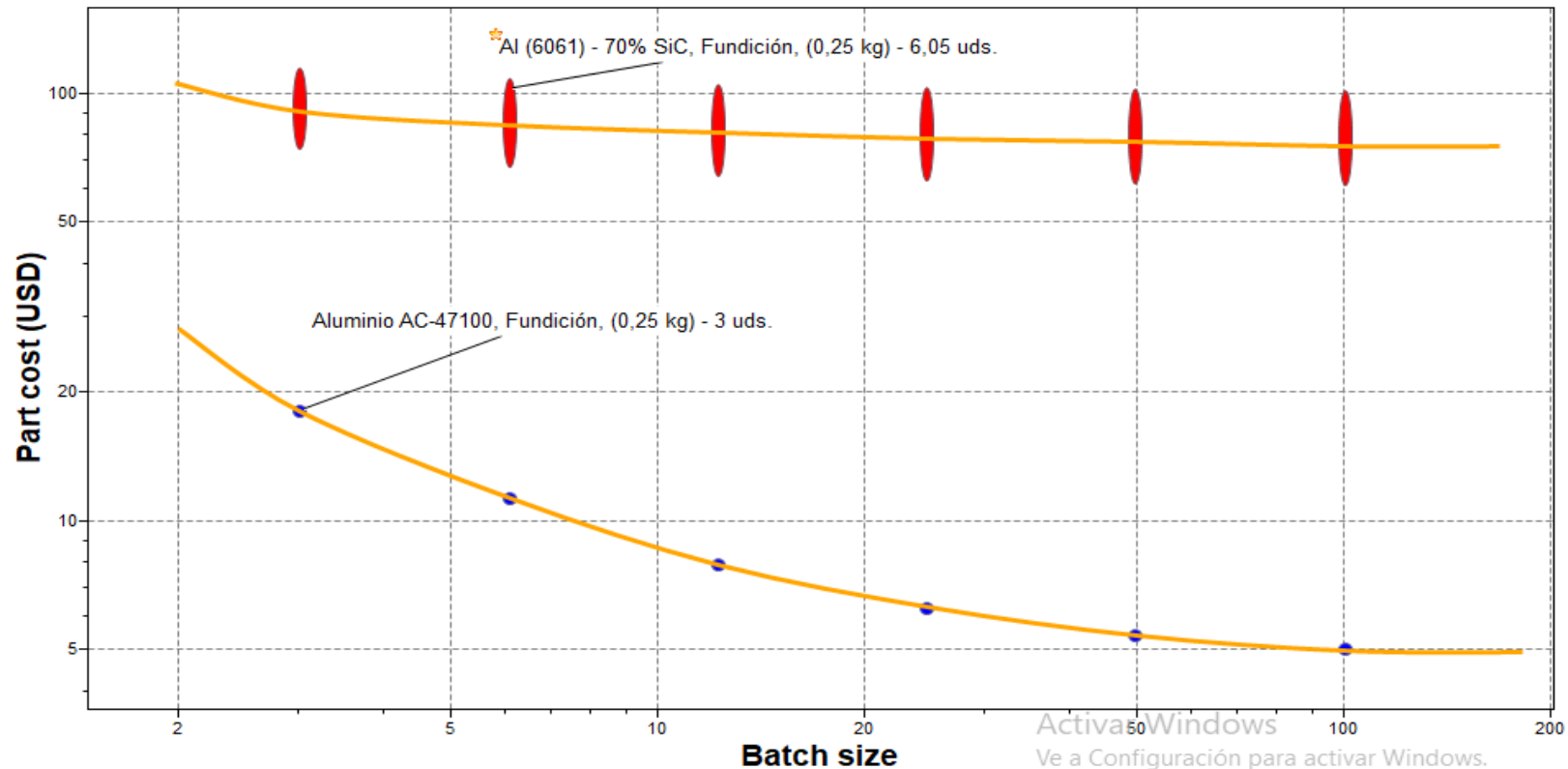
AISI 3140 (Acero aleado)

- Coincidió con los ensayos espectrómetricos realizado y de igual manera con la densidad
- Temperatura de servicio de 650 °C
- El costos de este material tiene un valor de 0.94 USD/Kg
- El juego de chaquetas de biela tiene un valor de \$10.00 USD



Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Diagrama Ashby del pistón





Resultado computacional del programa de selección de materiales – Ces Edupack

Discusión de resultados de los materiales del pistón

Nº	Material – Pistón
1	Aluminio AC – 47100 (AlSi12Cu)
2	Aluminio 6061 – 70% SiC

Aluminio 6061 con 70% de Carburo de Silicio

- Coincidía con los ensayos espectrómetricos
- Precio tiene un valor de 353 USD/Kg

Aluminio AC-47100

- Baja densidad, elevada resistencia térmica, elevada conductividad térmica, resistencia al rozamiento y baja dilatación térmica.
- Costo de 2.72 USD/Kg



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	7800	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	208-216	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	208-216	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



➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • Recomendaciones



➤ **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, otro 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 propiedades.



- 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 componente.



➤ **CONTENIDO**

- 1 • Introducción
- 2 • Justificación
- 3 • Objetivos
- 4 • Metodología
- 5 • Resultados
- 6 • Conclusiones
- 7 • 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 el 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



***GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN***