

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

"DISEÑO DE UNA MAQUINA MEZCLADORA DE DIESEL, GASOLINA Y
BIOCARBURANTE"

TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Materia Integradora

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentado por:

Martínez Rubio María Elizabeth
Quezada Aristega Hugo Vicente

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2017

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios, a la Virgen Santísima y mi Ángel Guardián por permitirme lograr esta gran meta ya que sin su bendición no lo habría logrado; por darme la sabiduría, paciencia y perseverancia en todo el trayecto de mi carrera profesional.

A mi madre Grace Rubio por enseñarme que todo sacrificio tiene su recompensa, por ser mi pilar principal y alentarme cada día diciéndome que si puedo lograrlo, a mi padre Efraín Martínez por luchar cada día para pueda culminar mis estudios.

A mis hermanas Jessica y Maria Belén por ser mi ejemplo a seguir.

A mis Tutores el Ph.D Juan Peralta y la Ph.D Emerita Delgado por su ayuda incondicional para el desarrollo del proyecto de Materia Integradora.

María Elizabeth Martínez Rubio

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todos quienes me apoyaron incondicionalmente en los buenos y malos momentos a mis padres, hermanos, familiares, y amigos durante todos estos años; ya que con sus ánimos y los deseos de superación personal me impulsaron a alcanzar esta gran meta que es una parte de mi vida. Además, quiero agradecer a mis tutores P.H. d. Juan Peralta, P.H. d. Emerita Delgado por sus consejos para el desarrollo de este proyecto, también a mi compañera de tesis María Martínez por su dedicación y esfuerzo. Por último, quiero dedicar este trabajo a mis hermanos Stephani y Luis Quezada, que son mi razón de esfuerzo y esmero por un futuro mejor.

Hugo Vicente Quezada Aristega

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido desarrollado en la presente propuesta de la materia integradora corresponde exclusivamente al equipo conformado por:

María Martínez Rubio

Hugo Quezada Aristega

Emérita Delgado Plaza

Juan Peralta Jaramillo

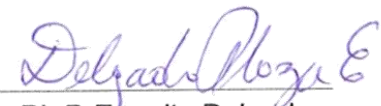
Y el patrimonio intelectual del mismo a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción (FIMCP) de la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.



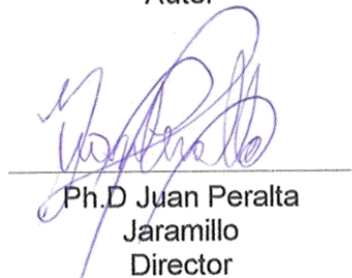
María Martínez Rubio
Autor



Hugo Quezada Aristega
Autor



Ph.D Emerita Delgado
Plaza
Director



Ph.D Juan Peralta
Jaramillo
Director

RESUMEN

El proceso de obtención de los biocombustibles no es sencillo por esa razón se realizara el diseño de una máquina mezcladora volumétrica de combustibles líquidos y biocarburante que consta de cuatro barras articuladas implementando análisis cinemático y dinámico en el sistema, siendo este un punto de partida para proseguir con el diseño de elementos mecánicos y selección de accesorios, además considerando los posibles problemas mecánicos que puedan existir en la maquina tales como desbalance, vibraciones y fallas de elementos por fatiga.

Al realizar el análisis dinámico se detectaron problemas de sacudimiento y desbalance, por lo que se los soluciono diseñando contrapesos en la manivela y balancín utilizando el método de Berkof-Lowen, además de diseñar un volante que ayude amortiguar el torque aplicado a la manivela. A partir de esto se diseñaron los elementos mecánicos tales como eje motriz, pasadores y soportes, además también se seleccionaron pernos, rodamientos, chumaceras los cuales cumplen con factores de diseño.

Como era de esperarse al implementar contrapesos al sistema las fuerzas de reacción en sus apoyos incrementaron, pero se tiene una curva de momento con forma sinusoidal que nos ayuda para el diseño del volante además de seleccionar el motor reductor respectivo.

Mediante el uso de software computacional se determinó que la estructura la cual estará construido el prototipo no fallará en su operación y se concluye que el prototipo diseñado cumple con la seguridad del operador, permite colocar la caneca en un soporte seguro, evita chispa entre los contactos de las piezas en el momento de su funcionamiento y un tiempo de mezclado de 5 minutos.

Palabras claves: Caneca, Maquina Mezcladora, Análisis Cinemático, Análisis Dinámico, Diseño de elementos.

ABSTRACT

The process of obtaining biofuel isn't easy, so for that reason we realize the design of a volumetric mixer machine of liquid fuels and biofuels; that is composed of articulated four bars using the cinematic and dynamic analysis in the system, been the last one the start point for the design of mechanic elements and accessory selection, also it was considered the possibilities of mechanic problem that could exist in the machine such as unbalance, vibration and fatigue failure in the parts designed.

When the dynamic analyze was made it was detected problems of sway and unbalance, in other to solve that problem it was design counterweight for the crank and rocker using the Berkof-Lowen's method, besides that there was designed a flywheel that helps to cushion the torque that is applied to the crank. With that set the mechanical parts such as drive shaft, pins and supports were designed and after the selection of bolt and bearings both comply with design factors.

As it was expected when the counterweight was placed in the system the reaction forces in the crank increases, but the graph of moment vs angle had a sinusoidal form that help in the design of the flywheel and the respective motor selection.

With the use of software it was determinate that the structure that was designed isn't going to collapse during it operation and it was conclude that the design prototype will accomplish with the operator security; it also allow to put the biofuel recipient in a safe support for the process, it bars won't produce spark if friction occurs when is operating and it lasts 5 minutes.

Key words: Recipient, mixer machine, cinematic analysis, dynamic analysis, design of mechanical elements.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XII
ÍNDICE DE PLANOS.....	XIII
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Objetivos	1
1.2.1. Objetivo General.....	1
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3 Marco teórico	2
1.3.1. Biocarburantes.....	2
1.3.2. Biodiesel	3
1.3.3. Bioetanol.....	4
1.3.4. Clasificación de biocombustibles por generación.....	5
1.3.5. Biocombustible en el Ecuador.....	5
1.3.6. Los combustibles	7
1.3.7. Comportamiento de los fluidos.....	9
1.3.8. Turbulencia	10
1.3.9. Sistemas de mezclado.....	11
1.3.10. Uso de los biocombustibles en la actualidad.....	12

CAPÍTULO 2.....	14
2. Metodología.....	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Metodología del Diseño.....	14
2.3. Alternativas de diseño general	16
2.4. Matrices de decisión del diseño general.....	18
2.5. Selección de partes del diseño.....	19
2.5.1. Sistema de agarre	19
2.6. Especificaciones del diseño	22
2.7. Análisis Cinemático.....	26
2.8. Análisis Dinámico	29
2.9. Balanceo dinámico	30
2.10. Diseño de volante.....	31
2.11. Diseño Mecánico.....	32
2.11.1. Selección de materiales.....	32
2.11.2. Diseño de pasadores	33
2.11.3. Diseño de perno de sujeción.....	38
2.11.4. Diseño de soporte de la caneca.....	39
2.12. Selección de motor-reductor y diseño del eje motriz	41
2.13. Selección de rodamientos y chumaceras	42
2.14. Análisis estructural	43
CAPÍTULO 3.....	48
3. Resultados	48
3.1 Introducción.....	48
3.2 Análisis cinemático.....	48
3.3 Análisis dinámico	53

3.4	Balaceo Dinámico	54
3.5	Diseño de Volante	55
3.6	Diseño Mecánico de los elementos	57
3.7	Selección de los elementos del mecanismo de cuatro barras.	58
3.8	Simulación.....	61
3.9	Diseño Final	70
3.10	Estimación de costos del prototipo	71
CAPÍTULO 4		73
4.	Discusión y Conclusiones	73
4.1	Conclusiones.....	73
4.2	Recomendaciones.....	75
BIBLIOGRAFÍA		78
APÉNDICES		80

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
ASTM	American Society for Testing and Materials
NACE	National Association of Corrosion Engineer
MPY	Milésimas de pulgadas por año
ISO	Organización Internacional de Normalización
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos

SIMBOLOGÍA

mil	Milésima de pulgada
mg	Miligramo
m	Metro
kt CO ₂	Kilo Toneladas de Dióxido de Carbono
μm	Micrómetro
ω	Velocidad angular
α	Aceleración angular
θ	Angulo desde el origen
r_i	Longitud del eslabón
L	Longitud
S_y	Resistencia a la fluencia
S_{ut}	Resistencia última a la tensión
σ	Esfuerzo por flexión
τ	Esfuerzo cortante
V	Fuerza cortante
M	Momento
I	Inercia
c	Distancia desde el centro hacia la fibra exterior
r	Radio general
J	Momento polar
N	Factor de seguridad
d	Diámetro
σ'	Esfuerzo efectivo Von Mises
σ_i	Esfuerzo principal
A	Constante
F_{rmax}	Fuerza de reacción máxima
g	Aceleración gravitacional
m	Masa

T	Temperatura
I_s	Inercia del sistema
k	Constante de fluctuación, suele escogerse entre 0.01 y 0.05
ω_{prom}	Velocidad angular promedio
P	Potencia
E	Energía
T_{max}	Torque Máximo
ω_{op}	Velocidad angular de operación
C_r	Capacidad básica de carga dinámica
P_r	Carga equivalente
F_a	Fuerza axial
F_r	Fuerza radial
C_{or}	Capacidad básica de carga estática

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Proceso de preparación de ECOPAIS	3
Figura 1.2 Proceso de producción de biodiesel	4
Figura 1.3 Proceso de producción de bioetanol	4
Figura 1.4 Evolución demanda de energía por fuente	6
Figura 1.5 Consumo de los sectores económicos por fuente 2015	6
Figura 1.6 Consumo de los sectores económicos por fuente 2015	7
Figura 1.7 Fracciones directas de destilación del petróleo	8
Figura 1.8 Grafico tensión de corte vs gradiente de velocidad para fluidos no newtonianos y newtonianos	10
Figura 1.9 Flujo Turbulento	11
Figura 2.1 Metodología de diseño	15
Figura 2.2 Agitador de hélice.....	16
Figura 2.3 Mezcladora tridimensional.....	17
Figura 2.4 Mecanismo de cuatro eslabones	17
Figura 2.5 Caneca de 55 litros	22
Figura 2.6 Mecanismo de cuatro barras	23
Figura 2.7 Trayectoria Lissajous del mecanismo de cuatro barras	24
Figura 2.8 Escala del mecanismo seleccionado	25
Figura 2.9 Trayectoria del mecanismo seleccionado.....	25
Figura 2.10 Nomenclatura del sistema de cuatro barras	26
Figura 2.11 Diseño de forma	29
Figura 2.12 Definición de vectores a centro de masa de los eslabones	30
Figura 2.13 Diagrama de cuerpo libre del pasador en el plano XZ	34
Figura 2.14 Momento vs Longitud	34
Figura 2.15 Curvas de Sensibilidad a la muesca para aceros	35
Figura 2.16 Factor Geométrico de concentración de esfuerzos por flexión	35
Figura 2.17 Diagrama de cuerpo libre de la base	39
Figura 2.18 Momento vs Longitud	40
Figura 2.19 Sección rectangular solida	41
Figura 2.20 Barra de herramientas SolidWorks	44

Figura 2.21 Estudios de SolidWorks Simulation	44
Figura 2.22 Condiciones del sistema.....	45
Figura 2.23 Definición del mallado de los elementos.....	45
Figura 2.24 Barra de herramientas SolidWorks Simulation	46
Figura 2.25 Barra de herramientas SolidWorks motion	46
Figura 2.26 Barra de herramientas SolidWorks motion	46
Figura 2.27 Cálculo de estudio de movimiento.....	46
Figura 2.28 Configuración de la simulación.....	47
Figura 3.1 Trayectoria del mecanismo de cuatro barras.....	49
Figura 3.2 Velocidad lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca.....	50
Figura 3.3 Aceleración lineal vs theta 2 del punto de conexión de la caneca	51
Figura 3.4 Velocidad lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca.....	52
Figura 3.5 Aceleración lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca.....	52
Figura 3.6 Curva de momento aplicado al eje motriz vs ángulo de la manivela.....	53
Figura 3.7 Curva de momento aplicado al eje motriz con contrapeso vs ángulo de la manivela Matlab	55
Figura 3.8 Curva de momento aplicado al eje motriz con contrapeso y volante vs ángulo de la manivela Matlab	56
Figura 3.9 Caneca de 55 Litros	58
Figura 3.10 Catalogo de rodamientos NTN	60
Figura 3.11 Chumacera con rodamiento de 25 mm de diámetro interior	60
Figura 3.12 Esfuerzos de Von Mises de la base principal	62
Figura 3.13 Desplazamientos de la base principal	62
Figura 3.14 Deformaciones unitarias de la base principal	63
Figura 3.15 Deformación por pandeo de la base principal.....	63
Figura 3.16 Tensiones Von Mises soporte de la caneca	64
Figura 3.17 Deformaciones soporte de la caneca	64
Figura 3.18 Deformaciones Unitarias soporte de la caneca	65
Figura 3.19 Esfuerzo Von Mises Eje Motriz.....	65
Figura 3.20 Desplazamiento Eje Motriz	66
Figura 3.21 Desplazamiento Unitario Eje Motriz.....	66
Figura 3.22 Esfuerzo Von Mises Pasador Balancín.....	67
Figura 3.23 Desplazamiento Unitario Pasador Balancín.....	67

Figura 3.24 Esfuerzo Von Mises Unión Soporte Biela	68
Figura 3.25 Desplamiento y Desplazamiento Unitario Unión Soporte Biela	68
Figura 3.26 Esfuerzo Von Mises Manivela	69
Figura 3.27 Desplazamiento y Desplamiento Unitario Manivela	69
Figura 3.28 Prototipo Final	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Clasificación de biocombustibles por Generación.....	5
Tabla 1.2 Propiedades de la Gasolina.....	9
Tabla 1.3 Propiedades del Diésel a 15°C.....	9
Tabla 1.4 Sistemas de mezclado de fluidos	12
Tabla 2.1 Escala de evaluación.....	18
Tabla 2.2 Matriz de decisión.....	19
Tabla 2.3 Alternativas de diseño	21
Tabla 2.4 Matriz de decisión.....	22
Tabla 2.5 Matriz de decisión de selección de materiales.....	33
Tabla 2.6 Coeficientes del factor de superficie	37
Tabla 2.7 Factores de confiabilidad.....	37
Tabla 2.8 Aplicaciones en maquinarias y vida requerida	42
Tabla 3.1 Dimensiones de los eslabones	48
Tabla 3.2 Resultados de balanceo dinámico	54
Tabla 3.3 Catalogo Motor Marathon Motors	58
Tabla 3.4 Pernos seleccionados	59
Tabla 3.5 Rodamientos de bolas.....	60
Tabla 3.6 Materiales de base principal de la caneca.....	61
Tabla 3.7 Costo de Inversión del prototipo	72

ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1	MANIVELA
PLANO 2	BIELA
PLANO 3	BALANCIN
PLANO 4	BASE PRINCIPAL
PLANO 5	CHUMACERA Y RODAMIENTO DE 25 MM
PLANO 6	CHUMACERA Y RODAMIENTO DE 75 MM
PLANO 7	CONTRAPESO BALANCIN
PLANO 8	CONTRAPESO MANIVELA
PLANO 9	EJE MOTRIZ
PLANO 10	PASADOR BALANCIN BIELA
PLANO 11	PASADOR MANIVELA BIELA
PLANO 12	PASADOR BALANCIN
PLANO 13	SOPORTE CANECA
PLANO 14	VOLANTE
PLANO 15	ANILLO DE FIJACIÓN
PLANO 16	MAQUINA MEZCLADORA

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Debido a la gran demanda de derivados de petróleo que tiene el país se implementó una política de cambio en la matriz energética con el uso de biocombustible, el cual inició en el año 2010 como un plan piloto en la ciudad de Guayaquil, mediante el programa Ecopaís, que pretende ser extendido a todo el territorio nacional. Los biocombustibles se desarrollan a partir de la biomasa obteniendo así un medio de energía renovable permitiendo reducir la contaminación generada por el uso de combustibles fósiles que en el mundo entero tiene como resultado negativo el aumento de emisiones de gases contaminantes a la atmósfera, siendo la principal amenaza para el cambio climático mundial.

Por otra parte, los biocarburantes no se los puede emplear de forma pura ya que estos pueden combustionar de manera violenta en un motor de combustión interna, por lo que se hace necesario mezclar con gasolina o diésel dependiendo sea el caso. Durante el mezclado del biocombustible y el combustible se debe de lograr una buena homogenización de la mezcla para evitar la formación de dos fases, además de evitar inconvenientes en el funcionamiento del motor y su rendimiento térmico.

1.2 Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Realizar un diseño conceptual y funcional de un sistema de mezclado volumétrico de combustible líquido y biocarburante con el fin de contribuir al desarrollo tecnológico para la reducción emisiones de gases contaminantes y el cuidado ambiental.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Determinar el diseño de forma empleando análisis matemáticos y síntesis de mecanismos.
- Diseñar el sistema de agitación de mezclado de combustible por medio de un software computacional para poder obtener una mezcla homogénea dentro del recipiente con el biocombustible.
- Dimensionar los elementos que compondrán el sistema de agitación.
- Estimar los costos de inversión del prototipo.

1.3 Marco teórico

1.3.1. Biocarburantes

Los biocarburantes son producidos mediante la transformación de la materia animal o vegetal ya sea caña de azúcar, cereal, girasol, etc, para obtener bioetanol, biodiesel o aceites de pirólisis. Su costo de producción depende principalmente del costo de la materia prima y pueden ser utilizados como sustitutos de los combustibles fósiles. (Gonzalez, 2009)

Por otro lado, estos biocombustibles se pueden utilizar en mezclas o como aditivo con gasolina en motores de ciclo Otto o en mezclas con diésel para motores de combustión interna. (Castells, 2012)

En Ecuador en el año 2010 se implementó un plan piloto de producción de gasolina mezclada con 5% de bioetanol la cual se denominó ECOPAIS. En la figura 1.1 se puede observar el proceso de producción de dicha gasolina ecológica, la cual es realizada a base de la caña de azúcar. (Spurrier, 2013)

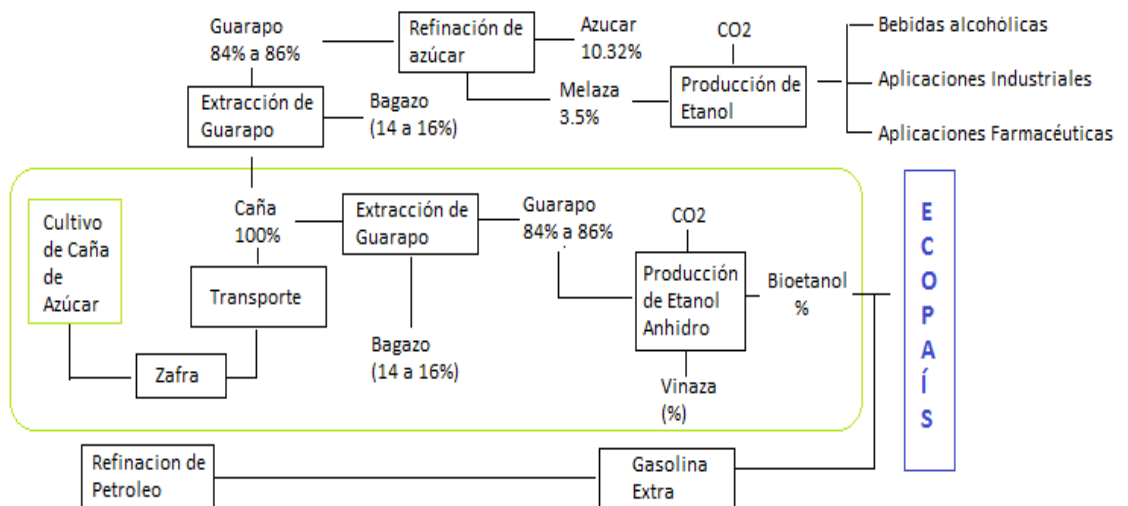


Figura 1.1 Proceso de preparación de ECOPAIS

Fuente: (Spurrier, 2013)

Por otra parte la producción de biodiesel en el Ecuador se utiliza el aceite de palma (palma africana), este tipo de biocombustible es el que mejor desempeño muestra al generar la mayor cantidad de aceite por hectárea cultivada. (Spurrier, 2013)

1.3.2. Biodiesel

El biodiesel se obtiene a partir de aceites vegetales obtenidos de plantas oleaginosas¹ tales como palma, girasol entre otros, este tipo de plantas son ésteres² de la glicerina con ácidos grasos.

En cuanto a la producción figura 1.2 para obtener una tonelada de biodiesel (éster metílico) se necesita 1,05 ton de aceite vegetal con 0,11 ton de alcohol metílico, producto de esta mezcla también se obtienen residuos tales como 0,1 ton de glicerina y 23 kg de ácidos grasos. (Gonzalez, 2009)

¹ Plantas Oleaginosas: Vegetales de los cuales se puede extraer aceite de su fruto o semilla

² Ésteres: Son grasas naturales que pueden ser de glicerina o ácidos grasos

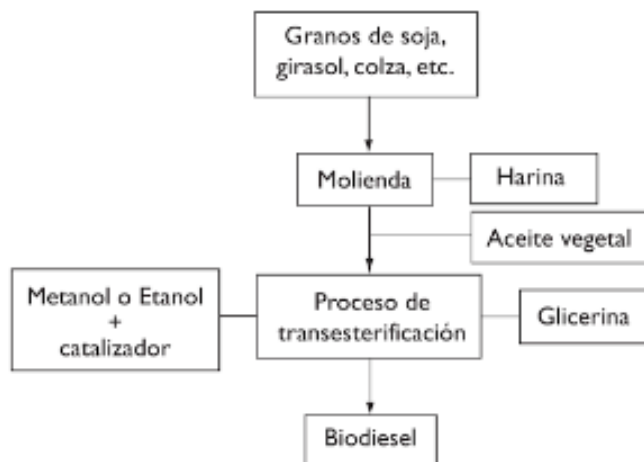


Figura 1.2 Proceso de producción de biodiesel

Fuente: (Gonzalez, 2009)

1.3.3. Bioetanol

Este biocombustible se obtiene a partir de la fermentación alcohólica de cualquier biomasa rica en azúcar (sacarosa) o carbohidratos (almidón, celulosa e inulina). Las materias primas más utilizadas para la elaboración de bioetanol se encuentran: Remolacha, sorgo dulce, cereales y patata. (Ballesteros)

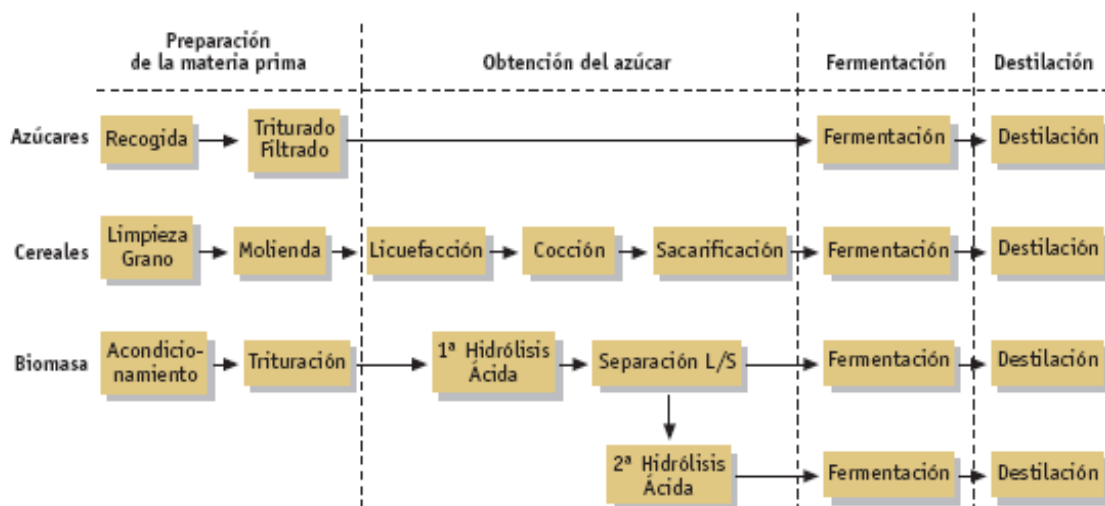


Figura 1.3 Proceso de producción de bioetanol

Fuente: (Miliarium Aureum S.L, s.f.)

1.3.4. Clasificación de biocombustibles por generación

Los Biocarburantes se clasifican en 3 etapas dependiendo de su tipo de materia prima se analizan las ventajas y desventajas de las mismas tal como se muestra la tabla 1.1:

Tabla 1.1 Clasificación de biocombustibles por Generación

Etapas	Materia Prima	Ventajas	Desventajas
Primera Generación	Cosechas de consumo humano o animal: Maíz, caña de azúcar, soja y aceites vírgenes.	La materia prima es de fácil obtención y de gran disponibilidad.	Requiere de grandes hectáreas de cosecha para su producción.
Segunda Generación	Proviene de cosechas no alimenticias; se emplean aceites extraídos químicamente, por lo que se pueden emplear zonas marginales sin agua ni fertilizante para su producción.	Son menos contaminantes y más eficientes que la generación anterior.	Su elaboración puede llegar a requerir de una mayor inversión que la producción de combustibles fósiles.
Tercera Generación	Se obtiene a partir de algas o micro-algas; conocidos como oleoalgal, oilgae o algaoleum.	Se puede alcanzar un superior rendimiento con menor cantidad de materia prima.	Su producción requiere de un riguroso control de condiciones ambientales y es costoso.

Fuente: (Costalago., 2015)

1.3.5. Biocombustible en el Ecuador

El Gobierno Ecuatoriano tiene como compromiso realizar programas de protección con el medio ambiente desarrollando productos y servicios tal es el caso de las energías renovables. Este tipo de energía ha aumentado entre el año 2014 y 2015 con un 13% gracias al crecimiento de la producción de hidroenergía, productos de caña, y fuentes renovables no convencionales. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

Los combustibles fósiles son la fuente más consumida en el país (80% durante el periodo 2000 al 2015), de estos el diésel y la gasolina son los que

mayor demanda poseen 86% y 131% respectivamente como se muestra en la figura 1.4. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

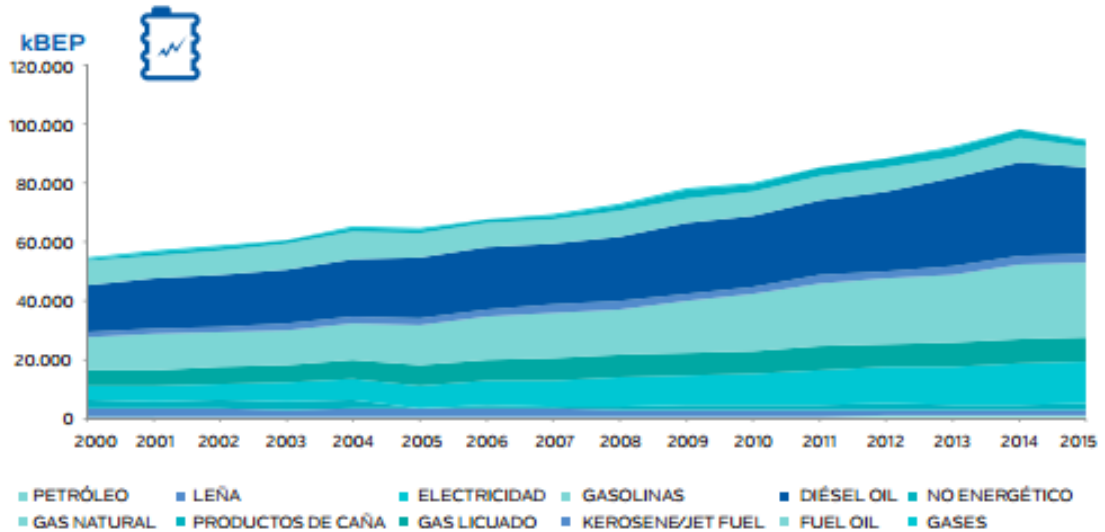


Figura 1.4 Evolución demanda de energía por fuente

Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

El mayor consumo de combustible en el año 2015 se dio en el sector de transporte con un 75%. El diésel y la gasolina son los que mayor demanda poseen como se muestra en la figura 1.5 representando el 88% del consumo de dicho sector. (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

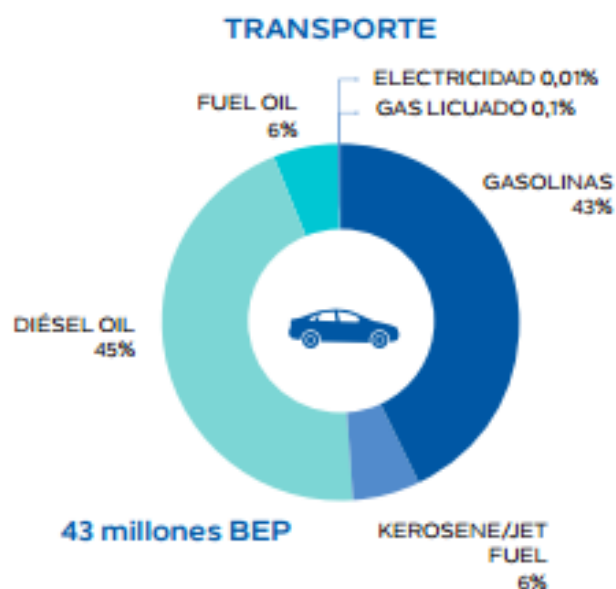


Figura 1.5 Consumo de los sectores económicos por fuente 2015

Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

Por otro lado, en el Ecuador las emisiones de gases de efecto invernadero han aumentado de 31.274 kt CO₂ en el año 2005 a 44 millones de toneladas CO₂ equivalente en el año 2015 debido al incremento de la demanda de la producción de energía representando un aumento superior al 40%.

El mayor emisor de gases contaminantes es el diésel seguido de la gasolina siendo la más consumida en el sector transporte y el fuel oil que se utiliza para la generación eléctrica y en la industria tal como se muestra en la figura 1.6 (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016).

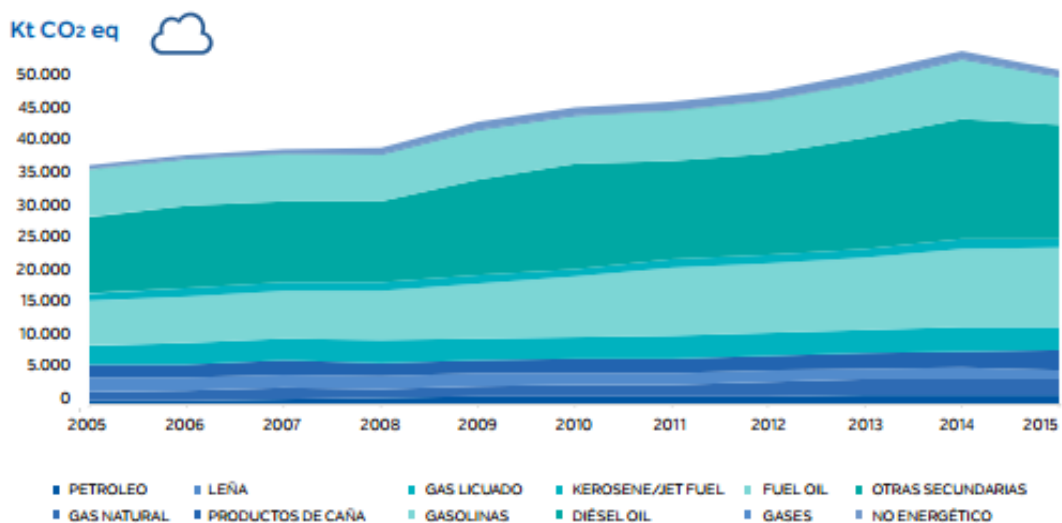


Figura 1.6 Consumo de los sectores económicos por fuente 2015

Fuente: (Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos, 2016)

1.3.6. Los combustibles

Los combustibles se los obtienen mediante la ebullición del crudo de petróleo y en este caso se tratará específicamente de la gasolina y el diésel o gasóleo.

Fracción	P.eb. (°C)	N.º de carbonos	Proporción* media aprox.
1) Gases (metano a butano)	hasta 20	C ₁ - C ₄	1-5 %
2) Nafta** ligera (gasolina ligera) (ligroína)	20-150	C ₅ - C ₈	10-20 %
3) Nafta pesada (gasolina)	150-200	C ₈ - C ₁₁	10-25 %
4) Keroseno	175-275	C ₁₀ - C ₁₆	8-15 %
5) Gasóleo	250-350	C ₁₅ - C ₂₂	15-30 %
6) Residuo	> 350	C ₂₀ - ...	30-50 %

Figura 1.7 Fracciones directas de destilación del petróleo

Fuente: (Yúfera, 1996)

La gasolina es producto de la mezcla de hidrocarburos alcánicos que se obtiene de la fracción de punto de ebullición de 150-200°F a través del refinado según la ASTM. (Weininger & Stermitz, 1988), el diésel o gasóleo también es producto de la unión de diferentes hidrocarburos líquidos, pero a este se lo obtiene en un punto de ebullición diferente al de la gasolina 250 - 350°C tal como se muestra en la figura 1.7. (Whitman & Johnson)

Los factores principales de los combustibles en un motor de combustión interna son:

- Rápida evaporación del combustible
- Fácil arranque
- Rápido calentamiento
- Baja probabilidad de formación de burbujas
- Bajo consumo

(Gary & Handwerk, 2003)

Además, se debe de considerar la densidad como una de las propiedades más importantes de ambos combustibles a estudiar tal como se muestra en la tabla 1.2 y 1.3.

Tabla 1.2 Propiedades de la Gasolina

Fluido	Densidad grs/cm³	Peso específico N/m³
Gasolina	0,68	6.660
Gasolina Etílico	0,78	7.640
Acetona	0,79	7,740
Petróleo	0,8	7.840
Etanol	0,81	7.940
Aceite	0,92	9.015
Agua Destilada	1	9,800

Fuente: (Productivos, 2008)

Tabla 1.3 Propiedades del Diésel a 15°C

	Diésel
Densidad a 15°C (kg/m³)	840
Contenido de Oxígeno (% m/m)	0
Contenido de Parafinas (% m/m)	67.8
Contenido de Azufre mg/kg)	<10
Poder Calórico (MJ/kg)	43
Emisiones de NO_x, frente al diésel	-
Emisiones de CO₂ (kg/MJ)	0,08

Fuente: (Productivos, 2008)

1.3.7. Comportamiento de los fluidos

El comportamiento de los fluidos depende de los límites sólidos (recipiente) que lo contiene, dentro de estos límites para un fluido incompresible existen cuatro efectos de vital importancia los cuales son:

- Acoplamiento de la tensión de corte y de los campos gradiente de velocidad.
- Inicio y desarrollo de las capas límite
- Comienzo de la turbulencia
- Desprendimiento de las capas límite por contacto con las paredes del recipiente que lo contiene. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

En la figura 1.8 se puede observar el comportamiento de las propiedades reológicas de un fluido newtoniano para el caso A el cual pasa por el origen y no newtoniano para el caso de las curvas C, B y D tomando en consideración la temperatura y la presión constante tensión de corte y el gradiente de velocidad. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

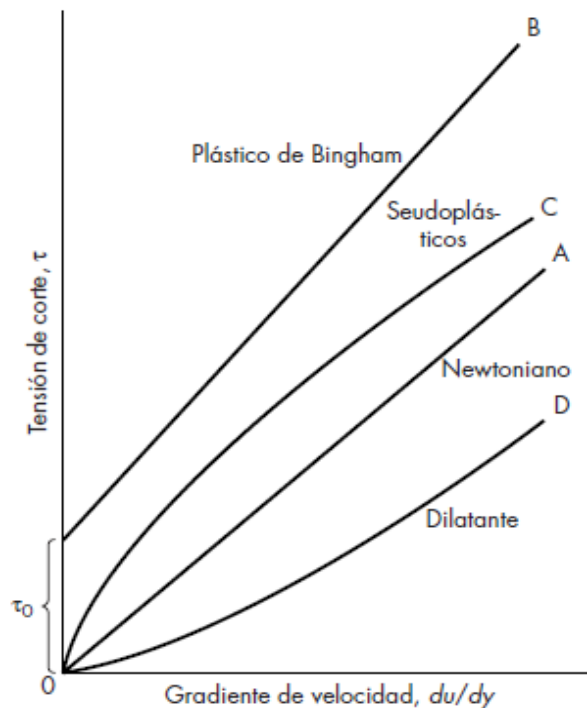


Figura 1.8 Grafico tensión de corte vs gradiente de velocidad para fluidos no newtonianos y newtonianos

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

1.3.8. Turbulencia

Para bajas velocidades de los fluidos, la caída de presión incrementa directamente con la velocidad de dicho fluido y a altas velocidades este incremento es aproximadamente al cuadrado. El comportamiento de los fluidos se demostró con un experimento realizado por Osborne Reynolds en donde se encontró que a bajas velocidades los fluidos fluyen en líneas rectas paralelas y a este tipo de comportamiento se lo denominó flujo laminar, también se demostró que mientras se aumenta la velocidad del flujo se llega a un punto denominado velocidad crítica y que el fluido ya no circula con movimiento laminar, más bien se desplaza de forma irregular,

desarrollándose corrientes transversales y remolinos teniendo así un flujo turbulento. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

Un flujo turbulento se origina por el contacto directo de la corriente del fluido con las paredes del recipiente que lo contiene (turbulencia de pared) o por la intersección de dos capas de fluido que fluyen a velocidades diferentes (turbulencia libre). Los flujos turbulentos se forman por la aparición de conjuntos de remolinos de diversos tamaños que coexisten en la corriente del flujo, los remolinos grandes se rompen formando así unos más pequeños y así sigue una secuencia por todo el fluido hasta que el remolino más pequeño desaparezca. El diámetro de los remolinos más pequeños se encuentra entre las dimensiones de 10 a 100 μm y los más pequeños a estos se desintegran por las fuerzas viscosas. (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

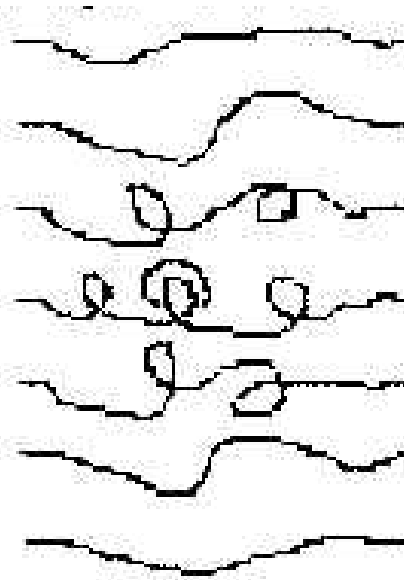


Figura 1.9 Flujo Turbulento

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

1.3.9. Sistemas de mezclado

Los líquidos pueden ser mezclados utilizando diferentes sistemas mecánicos tales como se muestra en la tabla 1.4:

Tabla 1.4 Sistemas de mezclado de fluidos

	Descripción	Ventajas	Desventajas
Mezcladores automáticos de Hélices	La hélice es el impulsor de flujo axial del sistema el cual es conectado directamente a un motor.	Trabajan a velocidades del motor, pueden ser multifuncionales y portátiles. Este tipo de mezcladores se los encuentra fácilmente en el mercado.	Solo trabaja con fluidos de baja viscosidad.
Agitadores mecánicos	Generan movimientos aleatorios, las moléculas de los líquidos se ven forzadas a moverse generando turbulencia.	Debido a los cambios bruscos de velocidad y dirección que producen los mecanismos de mezclado hacen que el proceso sea muy efectivo	Pueden llegar a generar pequeños conjuntos de moléculas dentro del líquido turbulento llamados remolinos que produce pequeñas áreas no mezcladas
Mezcladores a chorros	Puede ser inducido por uno o más chorros, el chorro sale de la boquilla manteniendo su identidad en todo el recorrido y fluyendo a alta velocidad dentro de una masa estancada de otro líquido.	Los esfuerzos producidos por los chorros eliminan los remolinos en los bordes y generan turbulencia que contribuye en el proceso de mezclado.	Se necesitan de varias boquillas por donde circulan los fluidos para tener un mezclado satisfactorio, este sistema ocupa demasiado espacio.
Mezcladores estáticos	A los fluidos se los hace circular a través de una tubería de cierta longitud de conducción abierta o que tenga placas con orificios o deflectoras.	Se pueden realizar las operaciones de mezclados más difíciles y son muy comerciales	Solo se utilizan para fluidos de baja viscosidad.

Fuente: (McCabe, Smith, & Harriot, 2007)

1.3.10. Uso de los biocombustibles en la actualidad

En cuanto a las consideraciones tecnológicas que deben estar presente en el proceso de mezclado las normas ASTM (D6751-08, D975-08a, D396-08b,

D7467-08) habla acerca de la producción de biocombustibles especificando las proporciones de la mezcla y los estándares de calidad permitidos para que el producto final pueda ser utilizado en cualquier tipo de vehículo sin deteriorar sus componentes, asegurando el estado óptimo del transporte sin perjudicar su garantía.

Los motores de combustión interna que operan con diésel funcionan haciendo uso de la propiedad de temperatura de auto-ignición del combustible la cual se alcanza por medio del incremento de la presión de los gases de combustión dentro de la cámara; con lo previo explicado se pretende descartar la posibilidad que en el proceso de mezclado dentro del recipiente se produzcan turbulencias demasiado bruscas las cuales lleguen a provocar que el fluido alcance la temperatura de auto ignición, por lo que se debe de verificar que ninguno de los elementos del mecanismo que este en contacto directamente con el combustible o con el recipiente se recaliente lo suficiente como para contribuir a la auto-ignición.

Por otro lado, es necesario asegurarse que el proceso de mezclado se lleve a cabo en un recipiente que sea herméticamente cerrado y además el ambiente en el que se realiza la producción no exponga el producto al peligro de la ignición.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1. Introducción

Para el diseño de la maquina mezclador de gasolina, diésel y biocarburantes se requiere conocer sobre el proceso de producción de los biocombustibles, con la finalidad de obtener los parámetros necesarios a los cuales la mezcla debería de ser sometida, por consiguiente, se propondrá varias alternativas las cuales cumplan con los parámetros antes establecidos.

Con respecto de las alternativas de diseño definidas en este capítulo, estas serán sometidas a una matriz de decisión la cual posee diferentes factores de diseño como manufactura y de operación, a estos factores se les asignaran calificaciones de las cuales la alternativa que posea mayor calificación será el diseño seleccionado. Igualmente se desarrollará el diseño de forma el cual debe de cumplir con la capacidad de mezclado requerida, y posteriormente también se realizan las simulaciones estática y dinámica del prototipo para determinar las dimensiones de los elementos del mecanismo.

2.2. Metodología del Diseño

A continuación, se procede a mostrar la metodología de diseño que se planteó para el desarrollo del proyecto.

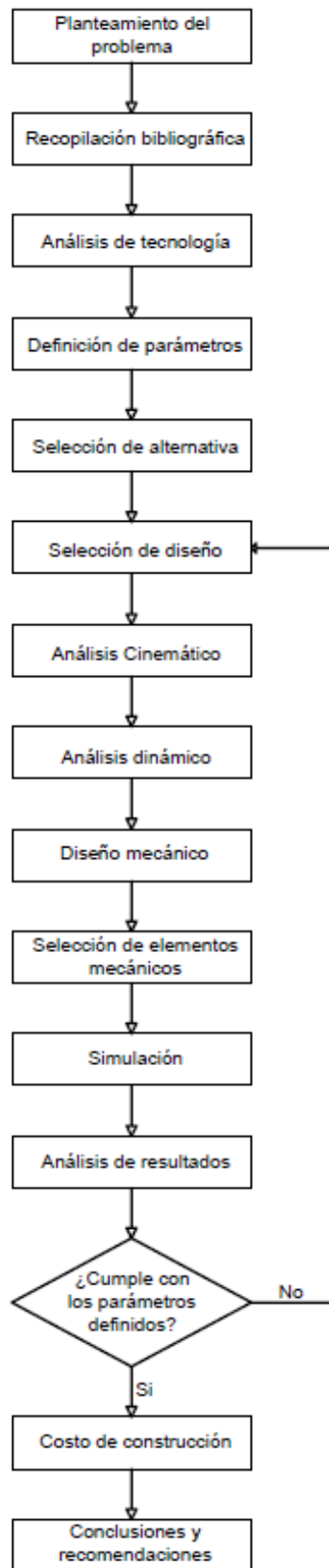


Figura 2.1 Metodología de diseño

Fuente: Autores

2.3. Alternativas de diseño general

En cuanto a la tecnología de diseño requerida que se utilizara para realizar el proceso de mezclado de la gasolina, diésel y biocarburoante se pueden analizar las siguientes opciones:

Alternativa 1: Agitador de Hélice

Los agitadores de flujo axial pueden operar a altas velocidades, son multifuncionales y son portátiles; es decir, que pueden mezclar grandes cantidades de líquidos y de diferentes viscosidades. Consisten de un motor eléctrico conectado a un eje principal que en su parte inferior posee unas aspas las cuales permiten realizar la mezcla de manera rápida y homogénea tal como se muestra en la figura 2.2.



Figura 2.2 Agitador de hélice

Fuente: (Colombia, 2015)

Alternativa 2: Mezcladora tridimensional

Este tipo de modelo realiza mezclas de manera uniforme, posee un alto factor de carga del 80% y es capaz de realizar mezclas en un corto tiempo. Este diseño es suspendido, fijado en el extremo del eje conductor mediante los dos balancines de brújula tipo Y como se muestra en la figura 2.3. Cuando el eje gira, los balancines que poseen el recipiente llevan a cabo la translación, movimiento y rodamiento en espacio, de tal manera causa que el material que contiene el recipiente realice el movimiento tri-dimensional. (XIAN FENG, s.f.)



Figura 2.3 Mezcladora tridimensional

Fuente: (XIAN FENG, s.f.)

Alternativa 3: Mezclador Mecánico de cuatro barras

Este diseño posee un mecanismo de cuatro barras articuladas como se aprecia en la figura 2.4 en donde uno de los eslabones (AC) será impulsado por un motor eléctrico, es decir este eslabón representará la manivela del sistema; la barra ubicada a su lado opuesto (BD) se balanceará de un lado a otro de tal manera que será el balancín; por último, la barra libre (CD) que une la manivela y el balancín estará encargada de transmitir el movimiento entre las barras anteriormente descritas.

El eslabón CD será el responsable de cargar la caneca³ que contiene la mezcla de los combustibles con la ayuda de unos soportes, los cuales estarán ubicados a cierta distancia de la barra CD para que pueda tener el recorrido que se muestra en la figura 2.4 agitando el recipiente en todas las direcciones de un mismo plano con la finalidad de asegurar su correcto mezclado.

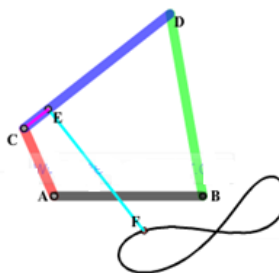


Figura 2.4 Mecanismo de cuatro eslabones

Fuente: Autores

³ Caneca: Recipiente diseñado para una capacidad volumétrica de 55 litros

2.4. Matrices de decisión del diseño general

Basado a las alternativas descritas en la sección anterior se procede asignar las ponderaciones adecuadas para la selección del diseño correcto tal como se muestra en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Escala de evaluación

Clasificación	Ponderación
Excelente	10
Alta	7,5
Media	5
Poca	2,5
Baja	0

Fuente: (Ministerio del Interior, 2014)

En donde los detalles de las calificaciones propuestas son las siguientes:

- **Excelente:** cuando el diseño cumple perfectamente (100%) con las especificaciones descritas en la matriz de decisión.
- **Alta:** cuando el diseño cumple con las especificaciones descritas en un 75% en la alternativa correspondiente.
- **Media:** cuando el diseño cumple con la especificación descrita en un 50% en la alternativa correspondiente.
- **Poca:** cuando el diseño cumple con las especificaciones descritas en un 25% en la alternativa correspondiente.
- **Baja:** cuando el diseño no cumple en ninguna de las especificaciones descritas para el diseño en la alternativa correspondiente.

Por otra parte, en la tabla 2.2 se puede observar la matriz de decisión en donde se consideraron tres secciones:

➤ **Manufactura**

- **Disponibilidad:** define la disponibilidad de materiales a utilizar para la construcción del prototipo.
- **Costos:** define los costos de construcción, materiales y mano de obra del prototipo.

➤ **Diseño**

- **Tecnología:** define si el diseño posee sistema de control complejo o se puede operar de manera manual y sencilla.

- **Peso:** define el peso total de toda la estructura del prototipo final.
- **Tamaño:** define las dimensiones de toda la estructura del prototipo.
- **Rigidez:** define la capacidad de resistencia de la estructura a fracturarse o doblarse.
- **Seguridad:** define la seguridad que debe de tener en el momento que el operador manipule el equipo.
- **Operación**
 - **Mantenimiento:** define como su fácil, económico y a corto tiempo de mantenimiento.

Tabla 2.2 Matriz de decisión

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Manufactura			
Disponibilidad	5	2,5	7,5
Costos	7,5	10	7,5
Diseño			
Tecnología	5	10	5
Peso	7,5	10	7,5
Tamaño	5	7,5	5
Rigidez	5	7,5	5
Seguridad	7,5	10	10
Operación			
Mantenimiento	5	5	10
Lubricación	7,5	2,5	10
TOTAL	55	65	67,5

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 2.2 la alternativa 3 es la mayor ponderación posee ya que cumple con las especificaciones requeridas iniciales tal como que la mezcla se la realice dentro de la caneca donde se va a transportar el biocombustible, además debe de ser de menor costo posible, poseer una larga vida útil por los elementos que posee y de bajo mantenimiento.

2.5. Selección de partes del diseño

2.5.1. Sistema de agarre

Una de las partes importantes a considerar en el diseño es el sistema de agarre de la caneca, ya que se deben de considerar varios factores, uno de

los más importantes es el de seguridad ya que se va a manipular combustibles, además de que se debe de estar seguros que al momento que la maquina esté funcionando la caneca no se caiga y cause daños físicos al operador o a la maquina en general.

En esta sección también se va a utilizar la misma escala de ponderación de la tabla 2.1.

Por otro lado, los factores que se consideraran son los siguientes:

➤ **Manufactura**

➤ **Disponibilidad:** define la disponibilidad de materiales a utilizar para esta sección del prototipo.

➤ **Costos:** define los costos de construcción, materiales y mano de obra del prototipo.

➤ **Diseño**

➤ **Tamaño:** define las dimensiones de esta sección del prototipo.

➤ **Rigidez:** define la capacidad de resistencia de la estructura a fracturarse o doblarse.

➤ **Vida útil:** duración estimada del equipo cumpliendo correctamente con todas las funciones para las cuales ha sido diseñado.

➤ **Seguridad:** define la seguridad que debe de tener en el momento que el operador manipule el equipo.

Por lo tanto, se van a considerar las siguientes alternativas tal como se muestra en la tabla 2.3:

Tabla 2.3 Alternativas de diseño

	Descripción	
Alternativa 4	El sistema consta de dos brazos móviles que sujetan los recipientes de sus lados laterales.	
Alternativa 5	Este sistema consta de cuatro brazos móviles que sujetan los recipientes de sus lados laterales y de su sección superior e inferior.	
Alternativa 6	El sistema consta de un agarre central de los recipientes el cual permite tener libertad de movimiento del mismo.	
Alternativa 7	Diseño parecido a una canasta en donde se coloca el recipiente en su interior para que no se pueda mover de un lado para otro gracias a las paredes que este posee.	

Fuente: Autores

Tabla 2.4 Matriz de decisión

	Alternativa 4	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7
Manufactura				
Disponibilidad	7.5	10	10	10
Costos	10	5	7.5	7.5
Diseño				
Tamaño	10	7.5	7,5	7.5
Rigidez	5	10	5	7.5
Vida útil	7.5	7.5	7.5	10
Seguridad	5	10	7.5	5
TOTAL	45	50	45	47.5

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 2.4 la alternativa favorecida es la 5 ya que tiene mayor ponderación en los factores más importantes del diseño tales como su disponibilidad, rigidez, y seguridad; por lo que el diseño a desarrollar tomara una forma similar a la alternativa seleccionada.

2.6. Especificaciones del diseño

El diseño de nuestro equipo estará conformado por cuatro barras articuladas en donde el eslabón que une la manivela y el balancín tendrá adaptado unos brazos articulados, los mismos que sujetaran el recipiente que posee los combustibles a mezclar. La capacidad de la maquina estará dada directamente por la capacidad de la caneca (55 litros); por lo que la selección del motor, caja reductora, bastidores y rodamientos dependerá del trabajo necesario a realizar y a su vez la trayectoria que esta dispondrá viene dada por las dimensiones de los eslabones.



Figura 2.5 Caneca de 55 litros

Fuente: Autores

Por otro lado, las dimensiones de los eslabones estarán definidas mediante la relación A/1, B/1 y C/1 tal como se muestra en la figura 2.6, definiendo a C como el bastidor, a 1 como el impulsor, a B como el balancín y el eslabón A definirá la trayectoria del recipiente en el plano (x, y). (Hrones & Nelson)

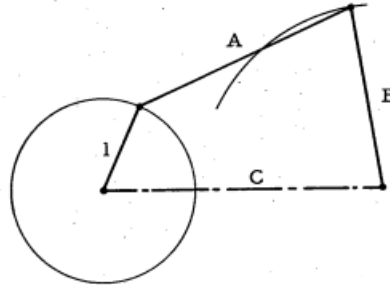


Figura 2.6 Mecanismo de cuatro barras

Fuente: (Hrones & Nelson)

Asimismo, los grados de libertad del mecanismo se los obtiene con la ecuación de Kutzbach:

$$GDL = 3(N - 1) - 2 * P_1 - P_2 \quad \text{Ecu. 2.1}$$

Siendo:

GDL: movilidad o grados de libertad en el plano

N: número de eslabones

P₁: pares cinemáticos de primer grado

P₂: Pares cinemáticos de segundo grado

$$GDL = 3(4 - 1) - 2 * 4 - 0$$

$$m = 1$$

Por otro lado, para definir las dimensiones del mecanismo seleccionado en la sección anterior se utilizó el atlas de Hrones y Nelson siguiendo los siguientes factores:

- Forma de la trayectoria
- Escala de los eslabones
- Tamaño de la trayectoria

En el atlas se plantean cientos de escalas para un mismo mecanismo, pero no todos cumplen con las especificaciones deseadas para nuestro diseño. La escala de los eslabones es de vital importancia ya que sus longitudes no deben de ser muy alargadas en especial el eslabón A debido a que este será el impulsor y también soportara toda la inercia del sistema, si este es demasiado alargado al realizar los cálculos para el diseño dinámico el espesor de dicho eslabón será elevado, incrementando a su vez el costo de producción ya que se necesita más material para su fabricación, también se debe de considerar el tamaño de toda la estructura, es decir, debe de ocupar poco espacio además de ser ligero.

Por último, la trayectoria que se definió para el diseño será la de una curva de Lissajous tal como se muestra en la figura 2.7, esta debe de ser ancha y alargada debido a que al momento de realizar el recorrido la caneca esta se note a simple vista además de disminuir problemas mecánicos tales como altos niveles de vibración en la estructura, desbalance, entre otros.

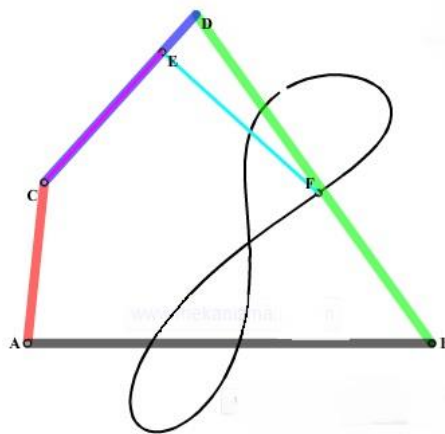


Figura 2.7 Trayectoria Lissajous del mecanismo de cuatro barras

Fuente: Autores

Por lo tanto, se seleccionó un mecanismo con las escalas mostradas en la figura 2.8 y cuya trayectoria se muestra en la figura 2.9.

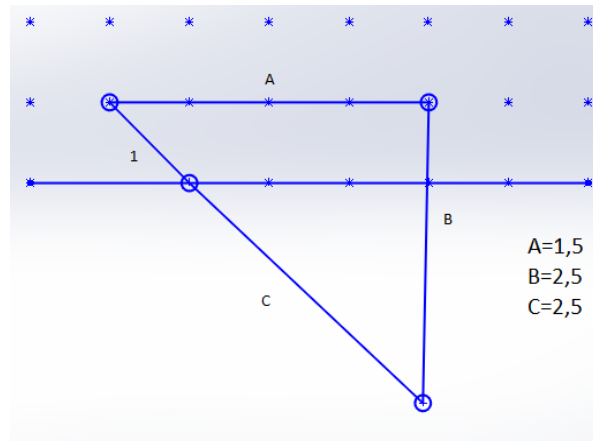


Figura 2.8 Escala del mecanismo seleccionado

Fuente: (Hrones & Nelson)

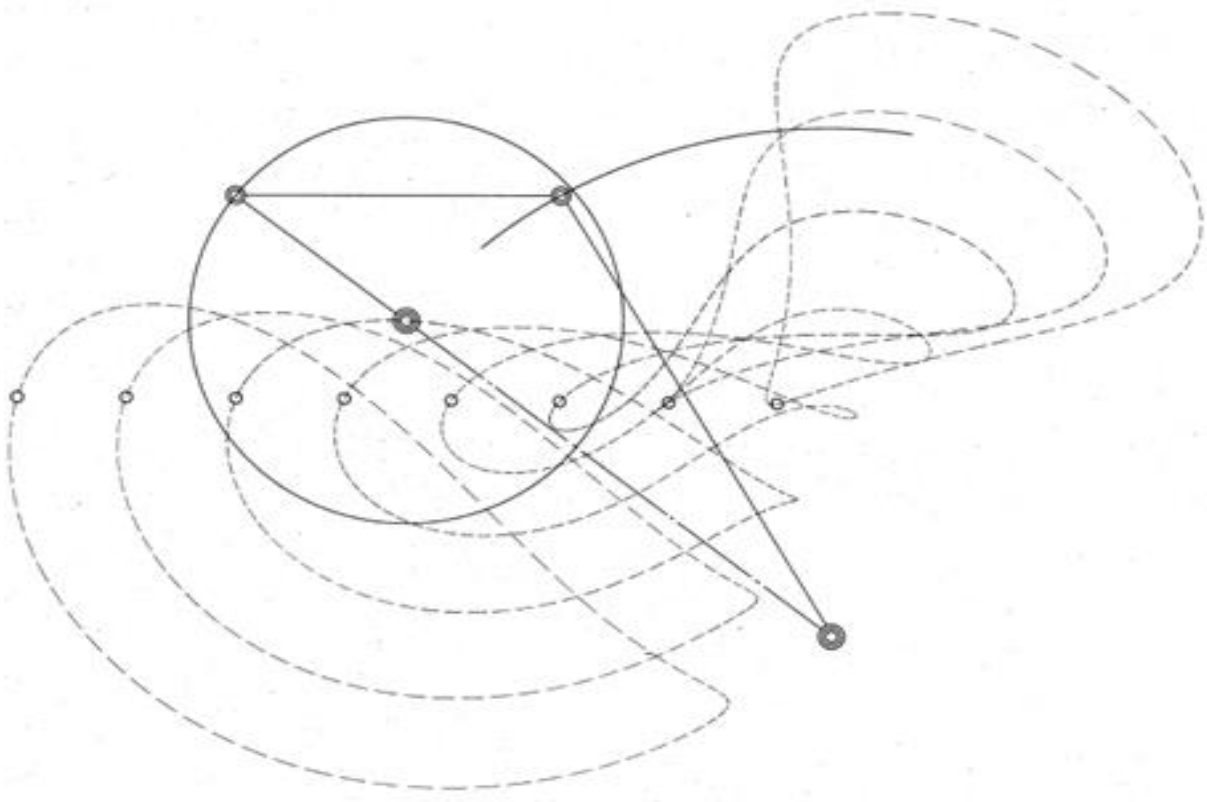


Figura 2.9 Trayectoria del mecanismo seleccionado

Fuente: (Hrones & Nelson)

Gracias a la escala seleccionada se procedió a dimensionar los eslabones del mecanismo utilizando la nomenclatura de la figura 2.8 en donde se estableció que:

$$r_1 = AB = 750 \text{ mm}$$

En relación con lo anterior se desarrollaron las ecuaciones de desplazamiento del mecanismo de cuatro barras y del centro de masa de la barra CD donde será ubicada la caneca, además de las ecuaciones de los ángulos de cada una de las barras medida desde el origen.

$$r_e^2 = r_2^2 - 2r_2r_1 \cos \theta_2 + r_1^2 \quad \text{Ecu. 2.6}$$

$$\theta_e = \sin^{-1} \frac{-r_2 \sin \theta_2}{r_e} \quad \text{Ecu. 2.7}$$

$$r_4^2 = r_e^2 - 2r_e r_3 \cos(\theta_e - \theta_3) + r_3^2 \quad \text{Ecu. 2.8}$$

$$\theta_4 = \theta_e - \cos^{-1} \left[\frac{r_3^2 - r_e^2 - r_4^2}{2r_e r_4} \right] \quad \text{Ecu. 2.9}$$

$$r_3^2 = r_e^2 + 2r_e r_4 \cos(\theta_e - \theta_4) + r_4^2 \quad \text{Ecu. 2.10}$$

$$\theta_3 = \theta_e - \cos^{-1} \left[\frac{r_e^2 + r_3^2 - r_4^2}{2r_e r_3} \right] \quad \text{Ecu. 2.11}$$

$$r_m^2 = r_2^2 + 2r_2 r_5 \cos(\theta_2 - \theta_5) + r_5^2 \quad \text{Ecu. 2.12}$$

$$\theta_m = \sin^{-1} \left[\frac{r_2 \sin(\theta_2) + r_5 \sin(\theta_5)}{r_m} \right] \quad \text{Ecu. 2.13}$$

$$r_c^2 = r_2^2 + 2r_2 r_6 \cos(\theta_2 - \theta_6) + r_6^2 \quad \text{Ecu. 2.14}$$

$$\theta_c = \sin^{-1} \left[\frac{r_2 \sin(\theta_2) + r_6 \sin(\theta_6)}{r_c} \right] \quad \text{Ecu. 2.15}$$

Con las ecuaciones anteriores se puede derivar el ángulo de cada barra para obtener las respectivas ecuaciones de velocidad angular de AC (biela), BD (balancín), barra CB y del centro de masa tal como muestra de la figura 2.10.

Es necesario asumir que la velocidad angular con la que deber de operar la manivela AC es constante por ende su aceleración angular es igual a cero.

$$\omega_2 = 5 - 10 \text{ RPM}$$

$$\alpha_2 = 0$$

Por otro lado, para hallar las aceleraciones angulares se utiliza como base la ecuación 2.16 y 2.17 para obtener:

$$r_e \alpha_e \hat{j} (\cos \theta_e + \hat{j} \sin \theta_e) + r_e \omega_e^2 (\cos \theta_e + \hat{j} \sin \theta_e) = r_1 - r_2 \omega_2^2 (\cos \theta_2 + \hat{j} \sin \theta_2) \quad \text{Ecu. 2.16}$$

$$r_e \alpha_e \hat{j} (\cos \theta_e + \hat{j} \sin \theta_e) + r_e \omega_e^2 (\cos \theta_e + \hat{j} \sin \theta_e) = r_3 \alpha_3 \hat{j} (\cos \theta_3 + \hat{j} \sin \theta_3) + r_3 \omega_3^2 (\cos \theta_3 + \hat{j} \sin \theta_3) - r_4 \alpha_4 \hat{j} (\cos \theta_4 + \hat{j} \sin \theta_4) - r_4 \omega_4^2 (\cos \theta_4 + \hat{j} \sin \theta_4)$$

Ecu. 2.17

Resolviendo el sistema de las ecuaciones 2.16 y 2.17 se pueden obtener las aceleraciones angulares α_e , α_3 y α_4 .

Con las condiciones iniciales y las ecuaciones que se definieron se procede a realizar las simulaciones cinemáticas del mecanismo de cuatro barras; en donde los resultados obtenidos son almacenadas y posteriormente graficados en software Matlab. En las gráficas de posición se espera observar que la trayectoria que sigue la caneca sea similar a la que se muestra en la Figura 2.9; adicionalmente en las otras graficas debe de observarse continuidad en su trayectoria no debe de tener picos ni cambios bruscos, también se debe de reconocer las variaciones que experimentan con el avance angular en la manivela; estos cambios deberían ser más notorios cuando el centro de masa pasa por las curvas pronunciadas que ocasionan una alteración en la magnitud y dirección de los vectores de velocidad y aceleración.

Una vez obtenido estos resultados y asegurándose que estos sean correctos se prosigue a emplear las aceleraciones de los centros de masas para

elaborar un código que facilite el cálculo de fuerzas inerciales y posteriormente las reacciones en sus apoyos.

2.8. Análisis Dinámico

Para realizar el análisis dinámico abarcando todas las fuerzas que influyen en el sistema se usara el principio de D' Alembert el cual utiliza el método newtoniano:

$$\sum F - ma = 0 \quad \text{Ecu. 2.18}$$

$$\sum T - I\alpha = 0 \quad \text{Ecu. 2.19}$$

Estas ecuaciones permiten que el sistema aparente ser un problema estático, y así obtener un equilibrio, es decir convertirlo en un sistema cuasiestático o de equilibrio dinámico. (Norton R. L., 2009)

Por lo tanto, para ser más exactos al mecanismo de cuatro barras definido anteriormente se le realiza una esquematización para determinar el diseño de forma del mismo y usando el software de simulación SolidWorks se pueden obtener las fuerzas y momentos de reacción directamente en cada uno de los apoyos requeridos y también se puede obtener los datos referentes a velocidad, aceleración para el análisis cinemático.

Es importante considerar que al analizar dinámicamente el sistema puede haber problemas de desbalance como ocurrió en este caso, por ende esta parte se la analiza en la siguiente sección.

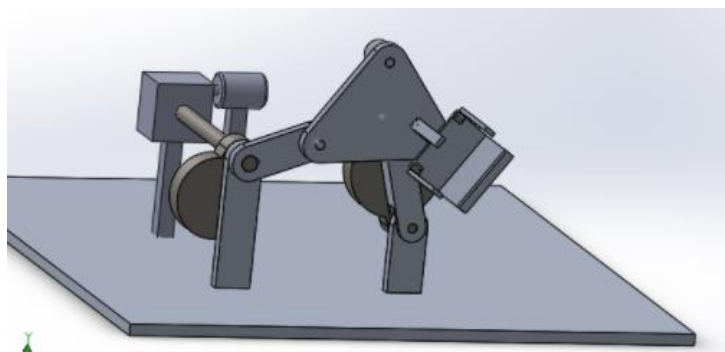


Figura 2.11 Diseño de forma

Fuente: Autores

2.9. Balanceo dinámico

En los mecanismos con partes rotatorias se suele tener desbalance el cual llega a generar vibraciones que pueden llegar a dañar los elementos mecánicos del mismo.

Para el balanceo del mecanismo se empleó el método de Berkof-Lowen para vectores linealmente independientes (Norton R. L., 2009) en donde se describe un ejemplo similar a nuestro caso de estudio.

Las variables a usar están descritas en la figura 2.12 en donde se observa los vectores en dirección a los centros de masa, para el caso del eslabón 3 el centro de masa general es la unión de centro de masa de dicho eslabón y la carga a mezclar.

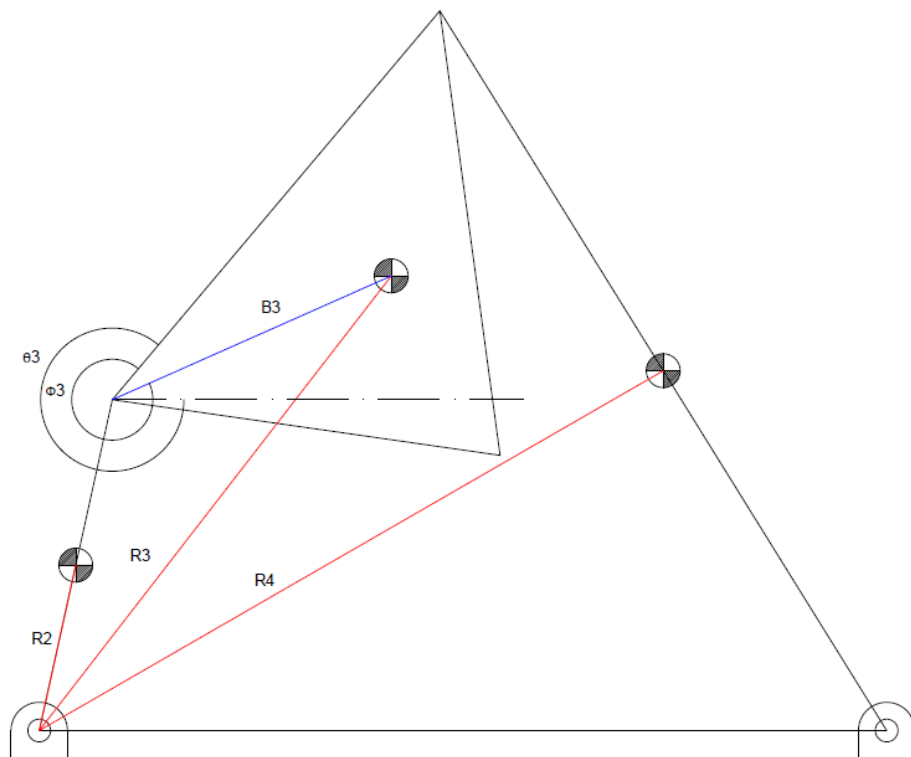


Figura 2.12 Definición de vectores a centro de masa de los eslabones

Fuente: Autores

De donde:

m_2 : masa de eslabon 2.

m_3 : masa de eslabon 3 y la carga.

m_4 : masa de eslabon 4.

l_2 : Distancia AC.

l_3 : Distancia CD.

l_4 : Distancia BD.

$$(m_2 * b_2)_x = m_3 * \left(b_3 * \frac{l_2}{l_3} * \cos \varphi_3 - l_2 \right) \quad \text{Ecu. 2.20}$$

$$(m_2 * b_2)_y = m_3 * \left(b_3 * \frac{l_2}{l_3} * \text{sen } \varphi_3 \right) \quad \text{Ecu. 2.21}$$

$$(m_4 * b_4)_x = -m_3 * \left(b_3 * \frac{l_4}{l_3} * \cos \varphi_3 \right) \quad \text{Ecu. 2.22}$$

$$(m_4 * b_4)_y = -m_3 * \left(b_3 * \frac{l_4}{l_3} * \text{sen } \varphi_3 \right) \quad \text{Ecu. 2.23}$$

Con estas ecuaciones se obtiene la magnitud y dirección de la masa por el radio de balanceo; con lo cual para seguir con el proceso es necesario definir uno de los dos parámetros masa o el radio, de lo cual se optó por definir el radio siendo este lo más corto posible con la finalidad de incrementar lo menor posible el momento de inercia que a su vez puede incrementar el torque aplicado al eje.

2.10. Diseño de volante

Realizando el diseño de contrapesos se procede a obtener por segunda vez la curva de momento aplicada sobre el eje motriz, esta curva tiene la particularidad de que su amplitud ha incrementado tal como se lo esperaba y además muestra un comportamiento sinodal tomando valores positivos y negativos esto implica que el torque del motor el cual debía de ser aplicado al eje varié en su magnitud y sentido, este suceso es un problema el cual se lo puede resolver con un sistema de control que trabaja a estas variantes en el motor; pero la solución que se propone por facilidad económica del proyecto es la elaboración de un volante mecánico que permita estabilizar el torque necesario a aplicar; para ello se calcula el torque promedio de la gráfica antes obtenida, este torque promedio será el torque de operación del motor que será una línea constante que pasa a través de la curva sinodal de torque, de esta curva se necesitara el área bajo la curva que se encuentre debajo o sobre el torque promedio, para ello se elaboró una función de

Matlab que permita desarrollar una ecuación de la misma y a su vez integrar el área de interés este valor integrado es la energía que deberá absorber el volante que es igual a:

$$E = I_s * k * (\omega_{prom})^2 \quad \text{Ecu. 2.24}$$

De esta ecuación se despeja la inercia del volante que a su vez está en función de su densidad y volumen; por lo consiguiente se necesita definir parámetros de dimensión del volante como radio interior y espesor para que su única incógnita sea el radio exterior del mismo. De esta forma se obtiene el volante a emplear para el sistema.

2.11. Diseño Mecánico

2.11.1. Selección de materiales

Para la selección de materiales de fabricación del equipo se realizó una matriz de decisión la cual se toma en consideración que el líquido el cual va ser mezclado es un combustible por ende se consideraron los siguientes factores:

- **Disponibilidad:** define la disponibilidad del material a utilizar para la construcción del prototipo.
- **Costos:** define los costos de los materiales.
- **Resistencia mecánica:** capacidad del material a resistir cargar sin facturarse
- **Corrosión:** define el deterioro del material por acción del medio que lo rodea.
- **Seguridad:** califica la dificultad de producción de chispa por rozamiento de piezas del ensamblaje.

En este caso se utilizará la misma escala de ponderación 2.1 para la selección del material adecuado.

La tabla 2.5 muestra el material seleccionado, el cual cumple con las especificaciones de diseño planteadas.

Tabla 2.5 Matriz de decisión de selección de materiales

	Aluminio 6063-T5	Acero 1018	Cobre
Disponibilidad	10	10	7,5
Coste	7,5	7,5	2,5
Resistencia Mecánica	5	10	7,5
Seguridad	10	0	5
Corrosión	7,5	5	7,5
TOTAL	45	32,5	30

Fuente: Autores

Como se puede observar en la tabla 2.5 el material que se selecciono fue el aluminio ya que este cumple con las especificaciones del diseño planteadas al inicio de este capítulo y además también se utilizara acero de transmisión para algunos elementos del sistema ya que este material posee mejor resistencia mecánica en comparación con el aluminio.

2.11.2. Diseño de pasadores

Para realizar el diseño de los pasadores de las uniones de los eslabones se procedió a calcular las fuerzas de reacción en cada uno de los apoyos del mecanismo, con los datos obtenidos se escogió el punto crítico, es decir el cual posee la mayor magnitud de dicha fuerza, en este caso fue el apoyo fijo del eslabón cuatro.

Con las componentes de la fuerza de reacción máxima de este apoyo se procedió a realizar el diagrama de cuerpo libre del pasador tal como se muestra en la figura 2.13 y a su vez es de gran importancia definir las condiciones de diseño las cuales son:

- Longitud del pasador [$L=0.600$ m]
- Material [Acero de transmisión 1020]
- Resistencia ultima a la tensión [$S_{ut} = 207$ MPa]
- Resistencia a la fluencia por tensión [$S_y = 379$ MPa]

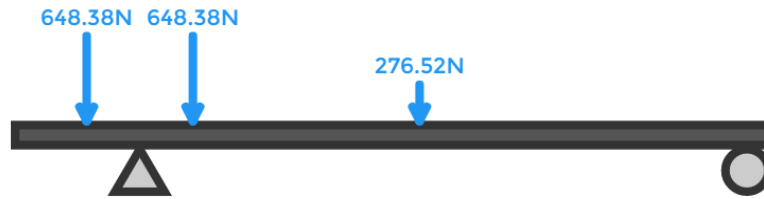


Figura 2.13 Diagrama de cuerpo libre del pasador en el plano XZ

Fuente: (VIGA Online, 2017)

Con el diagrama se procede a calcular la fuerza cortante y el momento máximo en el pasador tomando el plano XZ para determinar el momento máximo como se muestra en la figura 2.14, en este caso se puede despreciar la componente de la fuerza en dirección de Z ya que esta es muy pequeña en comparación a las otras componentes.

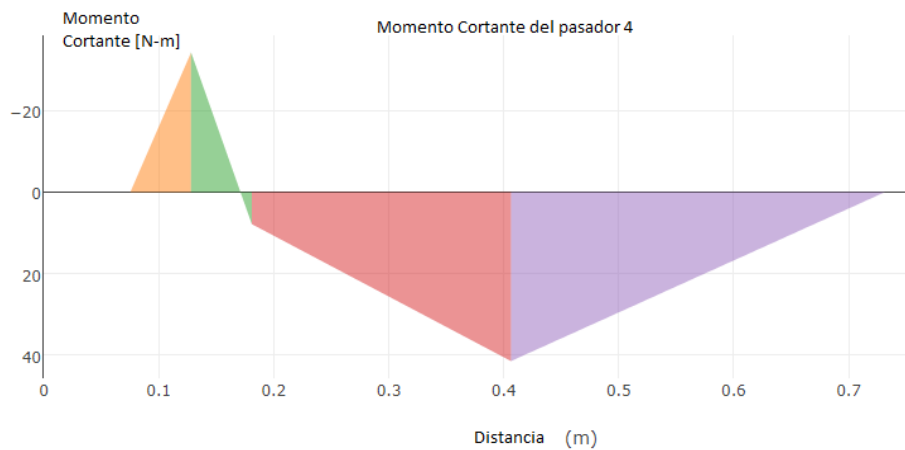


Figura 2.14 Momento vs Longitud

Fuente: (VIGA Online, 2017)

De la figura 2.14 se tiene el siguiente momento máximo:

$$M_{max} = 41.42 \text{ N} - m$$

Con este dato se puede calcular el esfuerzo de flexión en función del diámetro del pasador utilizando las siguientes formulas:

$$\sigma = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ecu. 2.25}$$

En donde el momento de inercia es igual a:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} \quad \text{Ecu. 2.26}$$

Por otro lado, se debe de considerar concentradores de esfuerzos ya que existen cambios de secciones por lo tanto el esfuerzo por flexión es:

$$\sigma_a = k_f \sigma \quad \text{Ecu. 2.27}$$

Donde el concentrador de esfuerzo por flexión se considera dos constantes:

$$k_f = 1 + q(k_t - 1) \quad \text{Ecu. 2.28}$$

- La Sensibilidad de la muesca se la obtiene mediante la figura 2.15 en donde se considera el radio de la muesca y la resistencia a la última tensión.

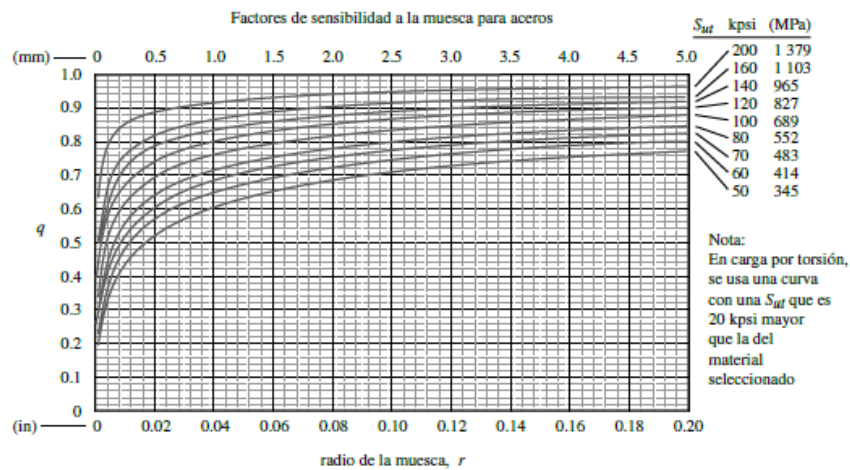


Figura 2.15 Curvas de Sensibilidad a la muesca para aceros

Fuente: (Norton R. L., 2011)

- El concentrador de esfuerzos geométrico se determina mediante la figura 2.16.

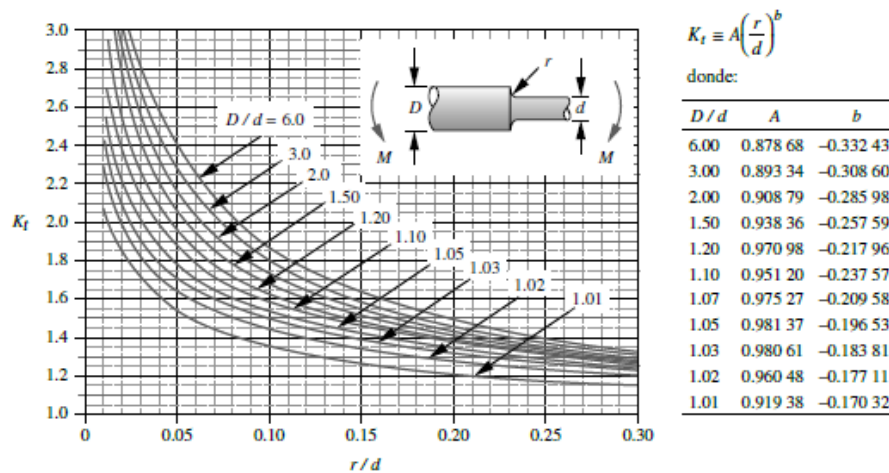


Figura 2.16 Factor Geométrico de concentración de esfuerzos por flexión

Fuente: (Norton R. L., 2011)

Por lo tanto, para determinar el esfuerzo efectivo de Von Mises a partir de los esfuerzos principales para el diseño estático. (Norton R. L., 2011):

$$\tau_{max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{2}\right)^2 + (\tau_{xz})^2} \quad \text{Ecu. 2.29}$$

$$\sigma_1 = \frac{\sigma_a}{2} + \tau_{max} \quad \text{Ecu. 2.30}$$

$$\sigma_3 = \frac{\sigma_a}{2} - \tau_{max} \quad \text{Ecu. 2.31}$$

$$\sigma' = \sqrt{(\sigma_1)^2 - \sigma_1\sigma_3 + (\sigma_3)^2} = \frac{A}{d^3} \quad \text{Ecu. 2.32}$$

Asumiendo un factor de seguridad elevado se puede determinar el diámetro del pasador mediante diseño estático.

$$N = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{S_y}{\frac{A}{d^3}} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{N * A}{S_y}} \quad \text{Ecu. 2.33}$$

La resistencia por fatiga para aceros se determina utilizando la ecuación:

$$S_{f'} \cong 0,5 S_{ut} \quad \text{Ecu. 2.34}$$

Por otro lado, se debe de determinar los factores de carga para realizar el diseño por fatiga:

C_{carga} : Factor de reducción para cargas axiales.

- Flexión $C_{carga} = 1$
- Carga axial $C_{carga} = 0,7$

$C_{tamaño}$: Factor de tamaño de reducción de resistencias.

- Para $C_{tamaño} = 1$
- Para $8mm < d \leq 250 mm$ $C_{tamaño} = 1$ Ecu.2.35
- Para secciones cargadas axialmente $C_{tamaño} = 1$

C_{sup} : Factor de superficie de reducción de la resistencia.

$$C_{sup} \equiv A(S_{ut})^b \quad \text{Ecu.2.36}$$

Las constantes de la ecuación 2.36 dependen del acabado superficial del material tal como se muestra en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Coeficientes del factor de superficie

Acabado superficial	Para S_{ut} en MPa se usa		Para S_{ut} en kpsi (no psi) se usa	
	A	b	A	b
Esmerilado	1.58	-0.085	1.34	-0.085
Maquinado o rolado en frío	4.51	-0.265	2.7	-0.265
Rolado en caliente	57.7	-0.718	14.4	-0.718
Forjado	272	-0.995	39.9	-0.995

Fuente: (Norton R. L., 2011)

C_{temp} : Factor de temperatura.

- Para $C_{temp} = 1$
- Para $450\text{ }^{\circ}\text{C} < T \leq 550\text{ }^{\circ}\text{C}$ Ecu.2.37

C_{conf} : Factor de confiabilidad.

Para determinar este factor se debe de utilizar la tabla 2.7.

Tabla 2.7 Factores de confiabilidad

% de confiabilidad	C_{conf}
50	1.000
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702
99.999	0.659
99.9999	0.620

Fuente: (Norton R. L., 2011)

Con los factores anteriores se determina la resistencia a la fatiga corregida con la siguiente ecuación:

$$S_e = S_f = C_{carga} * C_{tamaño} * C_{sup} * C_{temp} * C_{conf} * S_f, \quad \text{Ecu. 2.38}$$

Para diseño de vida infinita considerando un factor de seguridad de 1.5 se puede determinar el diámetro del pasador con la ecuación 2.39.

$$N = \frac{S_e}{\sigma'} \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{N * A}{S_e}} \quad \text{Ecu. 2.39}$$

2.11.3. Diseño de perno de sujeción

Los pernos de sujeción serán empleados para fijar la manivela, balancín y contrapesos con sus respectivos eje o pasador dependiendo sea el caso, además de ayudar a complementar el balanceo del sistema; para ello se debe de considerar el momento aplicado en cada una de las barras y de los contrapesos, con esto se comienza a calcular la fuerza que se le aplicara al perno que será a la altura del diámetro del eje o pasador.

Teniendo en cuenta el espesor de los elementos a fijar y el diámetro del pasador nos limitamos a seleccionar un perno cuyo diámetro no exceda estos parámetros antes mencionados; es por ello que para el cálculo del diámetro de la junta se varió la clase del perno ISO para desarrollar los mismos con diferentes valores de límites de fluencia.

Considerando un factor de seguridad igual a 2 se utilizando las siguientes ecuaciones:

$$S_{Sy} = S_y / 2 \quad \text{Ecu. 2.40}$$

$$\tau = \frac{F}{\left(\pi * \frac{d^2}{4}\right)} \quad \text{Ecu. 2.41}$$

Siendo F la Fuerza aplicada al perno, de esta manera calculamos el diámetro mínimo que debería tener el perno de la clase seleccionada para que pueda operar sin inconvenientes

$$N = \frac{S_{sy}}{\tau} \quad \text{Ecu. 2.42}$$

2.11.4. Diseño de soporte de la caneca

Para el diseño de la base de la sección la cual soportara la caneca en toda su trayectoria se debe de realizar un cálculo similar al mostrado en la sección anterior solo que en este caso se debe de trabajar con una sección rectangular además de determinar el diagrama de cuerpo libre tal como se muestra en la figura 2.17, en este caso existe una carga distribuida que representa la masa del fluido el cual se desea mezclar.

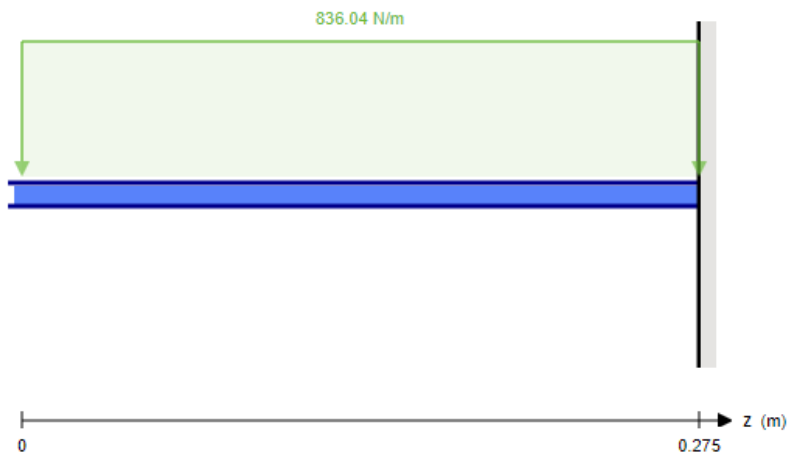


Figura 2.17 Diagrama de cuerpo libre de la base

Fuente: (SkyCiv Cloud Engineering Software, 2013-2014)

En este caso también se debe de definir las condiciones de diseño las cuales son:

- Material [Aleación de Aluminio 6063]
- Resistencia ultima a la tensión [$S_{ut} = 276 \text{ MPa}$]
- Resistencia a la fluencia por tensión [$S_y = 310 \text{ MPa}$]

Además de determinar el momento máximo tal como se muestra la figura 2.18 para calcular los esfuerzos respectivos.

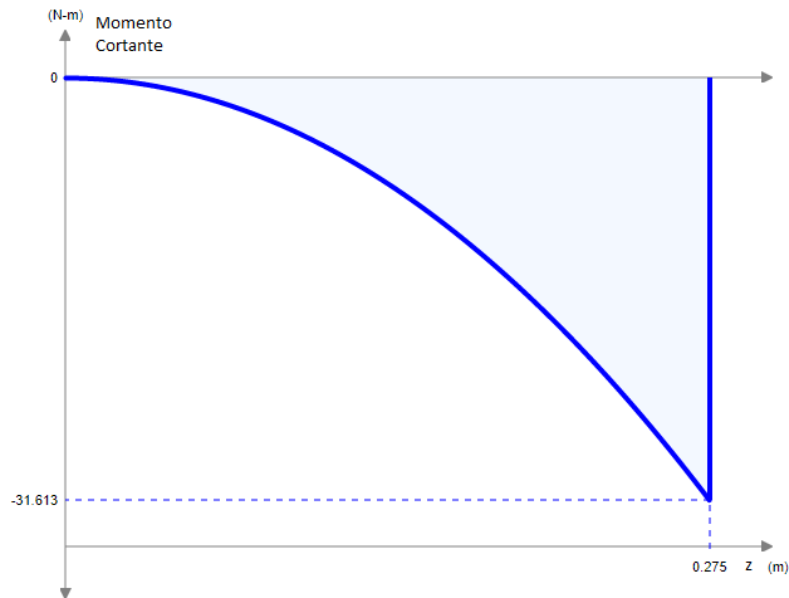


Figura 2.18 Momento vs Longitud

Fuente: (SkyCiv Cloud Engineering Software, 2013-2014)

Por lo tanto, se utilizara la ecuación 2.25 para determinar el esfuerzo por flexión, pero en este caso la inercia es igual a:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad \text{Ecu. 2.43}$$

De igual manera para determinar el espesor de la placa la cual soportara la caneca se realiza un diseño estático utilizando la ecuación 2.44.

$$N = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{S_y}{\frac{A}{h^2}} \rightarrow d = \sqrt[2]{\frac{N * A}{S_y}} \quad \text{Ecu. 2.44}$$

Ahora para el diseño por fatiga se realiza el mismo procedimiento que el diseño del pasador hallando el esfuerzo principal, así como también se halla los factores de carga se determina de manera similar a diferencia del factor de tamaño que en este caso será:

$C_{tamaño}$: Factor de tamaño de reducción de resistencias secciones rectangulares.

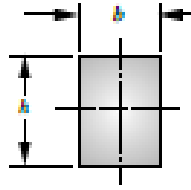


Figura 2.19 Sección rectangular solida

Fuente: (Norton R. L., 2011)

$$A_{95} = 0.05bh \quad \text{Ecu. 2.45}$$

Por otro lado, para hallar la resistencia a la fatiga corregida se utiliza la ecuación 3.38 pero en este caso se utilizará aluminio, por lo tanto:

$$S_{f'} \cong 0,4 S_{ut} \quad \text{Ecu. 2.46}$$

Finalmente, para diseño de vida infinita considerando un factor de seguridad de 1.5 se puede determinar el espesor de la placa con la ecuación 2.39.

2.12. Selección de motor-reductor y diseño del eje motriz

Para el dimensionamiento del motor se necesita el torque máximo necesario de todo un ciclo además de la velocidad angular de operación para obtener su potencia máxima.

$$P = T_{max} * \omega_{op} \quad \text{Ecu. 2.47}$$

Con esta potencia se selecciona un motor con la potencia más aproximada y con la menor velocidad angular posible de catálogos comerciales.

Si la velocidad de operación del motor es demasiada elevada es necesario emplear un reductor de velocidad para ello se busca en un catálogo de reductores con un factor de reducción de 66 o lo más próximo posible.

Por último, para el cálculo del eje motriz se optó por emplear acero AISI 1018, debido a que el eje no corre el riesgo de entrar en fricción con otro acero que este próximo al combustible a mezclar para producir chispas, además de que también las cargas aplicadas a este son considerablemente elevadas; de esta manera se puede reducir fallas por fatiga ya que este material es más resistente y también se reduce el diámetro de eje motriz.

De manera similar que para el cálculo de pasadores se obtuvieron las cargas aplicadas al eje del mecanismo de las cuales el componente axial se lo considera despreciable debido a que es mucho menor que los otros componentes; por lo que su proceso de diseño es el mismo para el caso del pasador con la diferencia de que se trabaja con acero por lo que en los cálculos de fatiga se tiene:

$$S_{f'} \cong 0,5 S_{ut} \quad \text{Ecu. 2.48}$$

Es importante definir su longitud y la ubicación de sus apoyos por lo que se puede comenzar a realizar el diseño estático del eje con un factor de seguridad elevado y posteriormente realizar el diseño por fatiga e iterar las dimensiones del diámetro hasta que su diámetro calculado tenga una tendencia constante.

2.13. Selección de rodamientos y chumaceras

Para la selección de los rodamientos se utilizará el catálogo de rodamientos de NTN en el cual se debe de definir la vida requerida tal como se muestra en la tabla 2.8 además de seleccionar si el rodamiento que se va a utilizar es de bolas o de rodillos.

Tabla 2.8 Aplicaciones en maquinarias y vida requerida

Clasificación del servicio	Aplicaciones en máquinas y vida requerida en referencia x 103 h				
	~4	4-12	12-30	30-60	60~
Maquinas usadas por periodos cortos o utilizadas ocasionalmente	Aplicaciones domesticas, Herramientas de mano eléctricas	Maquinaria agrícola, Equipos de oficina			
Utilización durante periodos cortos o intermitentemente, pero con requerimientos de alta confiabilidad	Equipos médicos, Instrumentos de medición	Motores de acondicionadores de aire residenciales, Equipos de construcción, Elevadores y Grúas	-Grúas (poleas)		
Maquinas que no se usan constantemente, pero se utilizan en periodos largos	Automóviles, Vehiculos de dos ruedas	Motores pequeños, Buses/Camiones, Transmisión de engranes en general y Maquinas madereras	Husillos de maquinas, Motores industriales, Trituradoras, Cribas vibratorias	Transmisión de engranes principales, Maquinas de plástico/caucho, Maquinas de impresión	
Maquinas en constante uso durante las 8 horas del dia		Laminadoras, Escaleras eléctricas, Transportadores, Centrifugas	Ejes de vehiculos ferroviarios, Acondicionadores de aire, Motores grande, Centrifugas	Ejes de locomotoras, Motores de tracción, Elevadores mineros, Volantes de presión	Maquinas de fabricacion de papel, Equipos de propulsión para barcos
24 horas de operación continua, no interrumpible					Equipos de abastecimiento de agua, Bombas de drenaje/ventiladores para minería, Equipos de generación de potencia

Fuente: (NTN, 2004)

Luego de definir la vida requerida del equipo se determina la capacidad básica radial mediante la ecuación:

$$C_r = \left(\frac{60nL_{10h}}{10^6} \right)^p P_r \quad \text{Ecu. 2.49}$$

Nuestro diseño está sometido a cargas radiales por lo tanto:

$$P_r = xF_r + yF_a \quad \text{Ecu. 2.50}$$

Siendo $F_a = 0$.

Con la determinación de la capacidad básica radial se escoge un rodamiento del catálogo que cumpla con dicha carga y se determina la capacidad básica de carga dinámica y estática, para finalmente determinar el factor de seguridad mediante la ecuación:

$$S_o = \frac{C_{or}}{P_{or}} \quad \text{Ecu. 2.51}$$

Este factor de seguridad debe de ser mayor a uno $S_o > 5$ según la norma establecida NTN.

Por otro lado, para la selección de las chumaceras se necesita el diámetro exterior del rodamiento, además se debe de tener presente el tipo de la misma ya que esta puede ser de piso o de pared.

2.14. Análisis estructural

Para realizar el análisis estructural se utilizó el Software SolidWorks en cual se puede realizar simulaciones de la estructura del prototipo sometiéndola a factores reales tales como:

- Gravedad
- Peso de la caneca de biocombustible
- Velocidad de rotación (10 RPM)
- Material de construcción

Definiendo dichos factores en el software se puede determinar el esfuerzo de Von Mises para las partes de la estructura que están sometidas a fatiga así como también los factores de seguridad de cada una de las piezas a diseñar.

El procedimiento el cual se debe de seguir para realizar una correcta simulación es el siguiente:

- 1) Activar en el software el componente SolidWorks Motion y SolidWorks Simulation.



Figura 2.20 Barra de herramientas SolidWorks

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 2) Para SolidWorks Simulation se debe de crear un nuevo estudio de análisis dependiendo de lo que se desea realizar

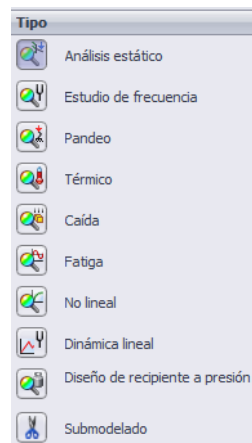


Figura 2.21 Estudios de SolidWorks Simulation

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 3) Para realizar cualquier análisis se debe de definir las condiciones a las cuales está sometido el equipo a simular, entre estas se encuentran la gravedad, cargas externas, tipo de sujeciones entre otras.

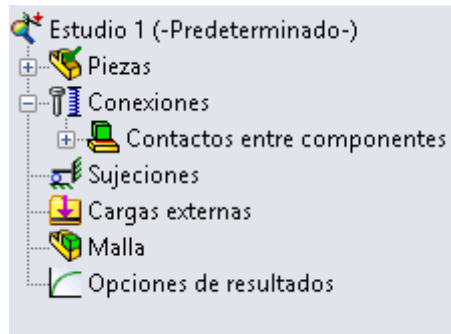


Figura 2.22 Condiciones del sistema

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 4) Definir el mallado del sistema, en esta sección se puede seleccionar el tipo de mallado que se desea realizar utilizando el modelo jaconiano; es decir, puede ser estándar o basado en curvatura esto depende de las secciones las cuales se van a analizar, además de definir la densidad de la malla.

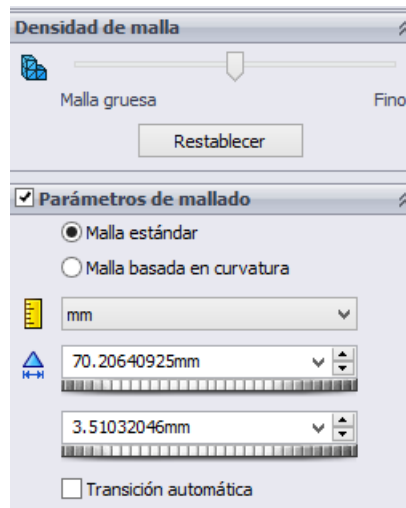


Figura 2.23 Definición del mallado de los elementos

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 5) Ejecutar el análisis, aquí se mostraran todos los resultados de deformaciones del mecanismo.

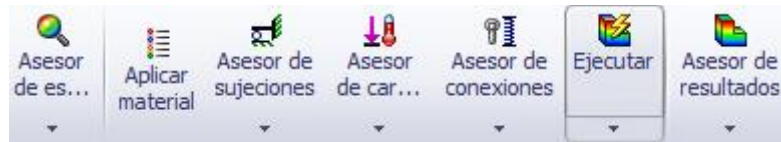


Figura 2.24 Barra de herramientas SolidWorks Simulation

Fuente: (SolidWorks, 2013)

También se puede realizar simulaciones en SolidWorks Motion, estos resultados no son tan precisos como el presentado anteriormente, pero pueden servir para analizar secciones las cuales no se pueden simular en SolidWorks Simulation.

- 1) En la barra de herramientas de SolidWorks Motion se debe de seleccionar la opción de análisis de movimiento.

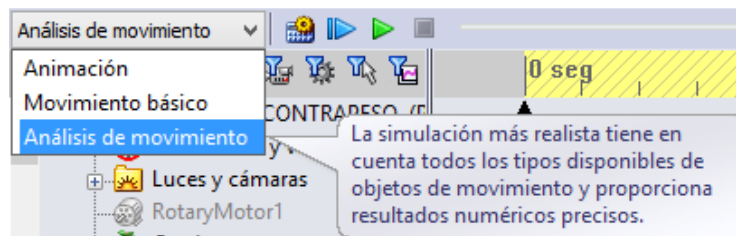


Figura 2.25 Barra de herramientas SolidWorks motion

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 2) Definir las condiciones del sistema, material de las piezas, gravedad, motor en este caso debe de ser un motor rotatorio y con velocidad constante, fuerzas externas, entre otros.



Figura 2.26 Barra de herramientas SolidWorks motion

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 3) Presionar el botón calcular

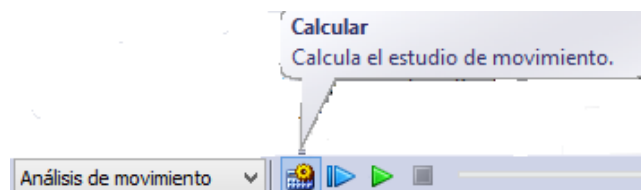


Figura 2.27 Cálculo de estudio de movimiento

Fuente: (SolidWorks, 2013)

- 4) Configurar la simulación y calcular los resultados de la simulación respectivamente.

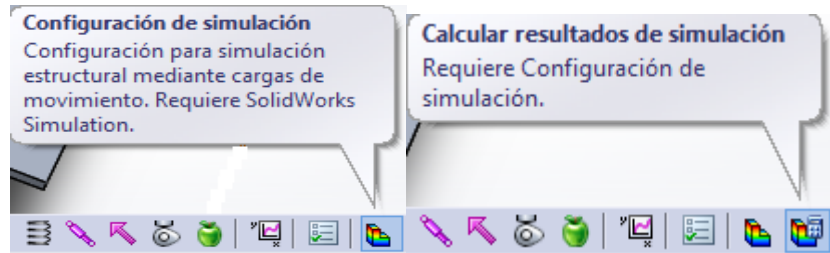


Figura 2.28 Configuración de la simulación

Fuente: (SolidWorks, 2013)

Este procedimiento se lo puede realizar para simular cada una de los elementos del sistema y con esto se obtiene las secciones más críticas del sistema en general.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS

3.1 Introducción

En este capítulo se mostrarán los resultados obtenidos basados en los cálculos realizados en las secciones anteriores, entre estos está el dimensionamiento del mecanismo en general tales como contrapesos, volante, eje motriz, soporte de la caneca y pasadores; así como también la selección de sus elementos principales entre estos se encuentran los rodamientos, selección de motor-reductor, chavetas entre otros.

Además, se encontrarán los análisis respectivos de la simulación realizada a algunas de las partes del mecanismo para asegurar que el mismo no sufra fallas en su operación ni en el momento de su ensamble.

Finalmente, se presentará una estimación de costo que abarca el coste de inversión inicial del prototipo final utilizando elementos que se encuentran fácilmente en el mercado.

3.2 Análisis cinemático

Antes de realizar cualquier cálculo es de vital importancia definir las dimensiones de los eslabones mediante la escala seleccionada del Atlas siguiendo la nomenclatura de la figura 2.6, por lo tanto, dichas medidas establecidas se muestran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1 Dimensiones de los eslabones

	Dimensiones [mm]
AB	750
AC	300
CD	450
DB	750
CE	327
EF	390

Fuente: Autores

En el análisis cinemático como ya se ha mencionado se empleó el software matemático de Matlab en el cual se pudo modelar y desarrollar los cálculos para las ecuaciones de posición, velocidad y aceleración; de los cuales el punto de mayor interés para el mecanismo a realizar es el lugar donde estará ubicado el centro de masa de la caneca.

En la figura 3.1 se puede observar la trayectoria de cada uno de los eslabones entre ellos está la gráfica de color azul que muestra el recorrido que la caneca va a seguir, tal como se esperaba para las dimensiones establecidas del mecanismo, la distancia la cual está ubicada la caneca permite desarrollar la trayectoria planteada inicialmente para el prototipo.

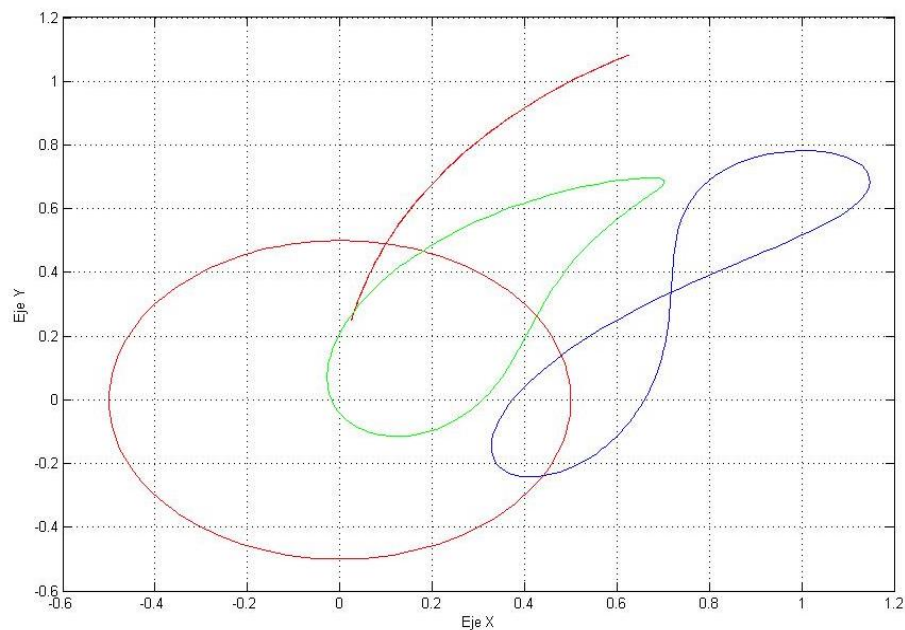


Figura 3.1 Trayectoria del mecanismo de cuatro barras

Fuente: Autores

Por otro lado, en la figura 3.2 se puede observar la velocidad lineal de la caneca, ya que como se mencionó anteriormente ese será nuestro punto de análisis principal, allí se puede observar en que posiciones de la manivela ocurren la velocidad máxima, mínima o que tan rápido ocurren cambios de velocidades; como se observa desde el inicio hasta aproximadamente el segundo 1.5 existe variaciones pico a pico teniendo el cambio más brusco desde 0.56 hasta 0.66 aproximadamente, estas variaciones bruscas de

velocidad son producidas en las secciones de menor radio de la trayectoria definida en la figura 3.1 ya que se tienen cambios de sentido y dirección en cortos intervalos de tiempo.

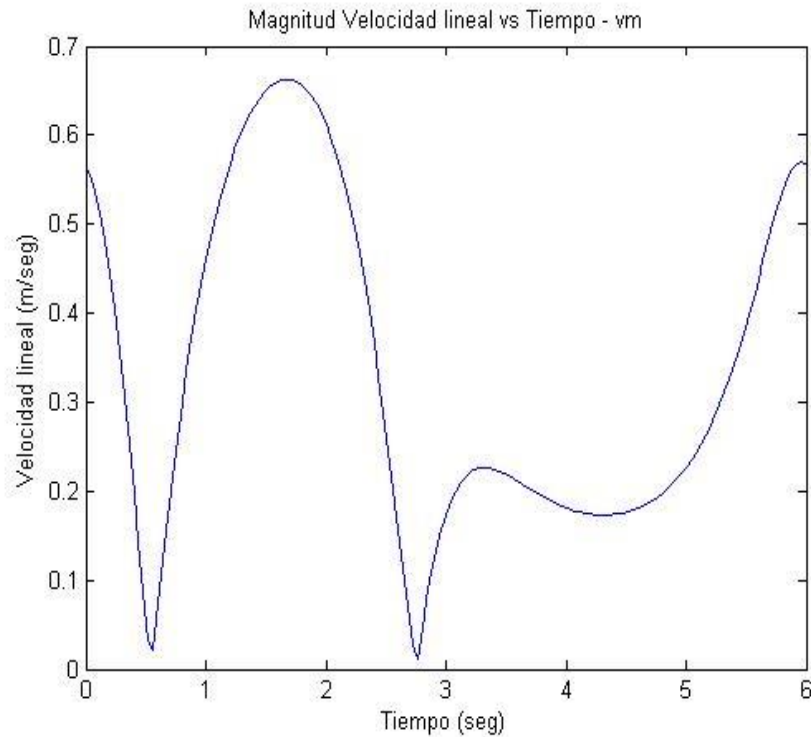


Figura 3.2 Velocidad lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca

Fuente: Autores

Otro punto importante en el análisis cinemático es la aceleración lineal tal como se muestra en la figura 3.3. Allí se puede observar de manera similar que en la figura anterior las variaciones de la magnitud más bruscas ocurren al inicio del recorrido; es de suma importancia reconocer donde ocurren estos cambios de aceleración ya que estos pueden ser los puntos críticos para realizar el análisis de diseño estructural.

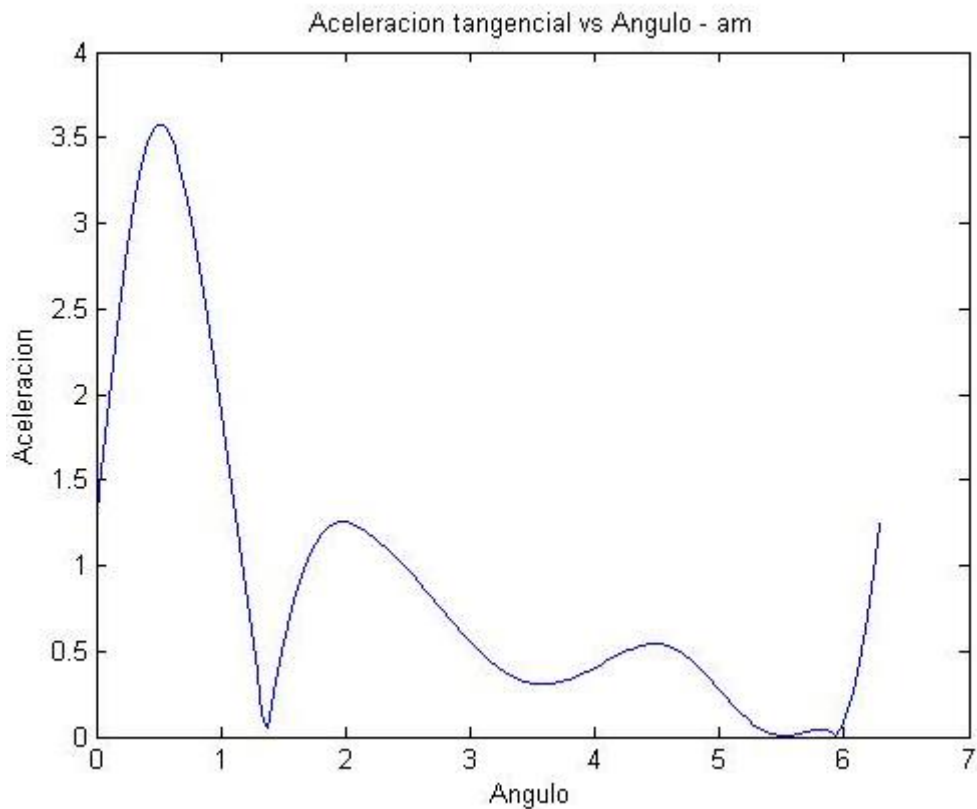


Figura 3.3 Aceleración lineal vs theta 2 del punto de conexión de la caneca

Fuente: Autores

Para el análisis cinemático también se empleó el software SolidWorks por motivo que su sistema operativo de ecuaciones tiene mayor precisión en relación a los resultados obtenidos utilizando Matlab; en este software se consideran parámetros como inercia de los eslabones dando graficas de velocidad y aceleración lineal diferentes a los mostrados en la sección anterior.

Como se observa en la figura 3.4 de manera similar que en la gráfica calculada por Matlab el cambio más brusco de velocidad ocurre en los primeros segundos llegando a valores similares que los anteriormente obtenidos.

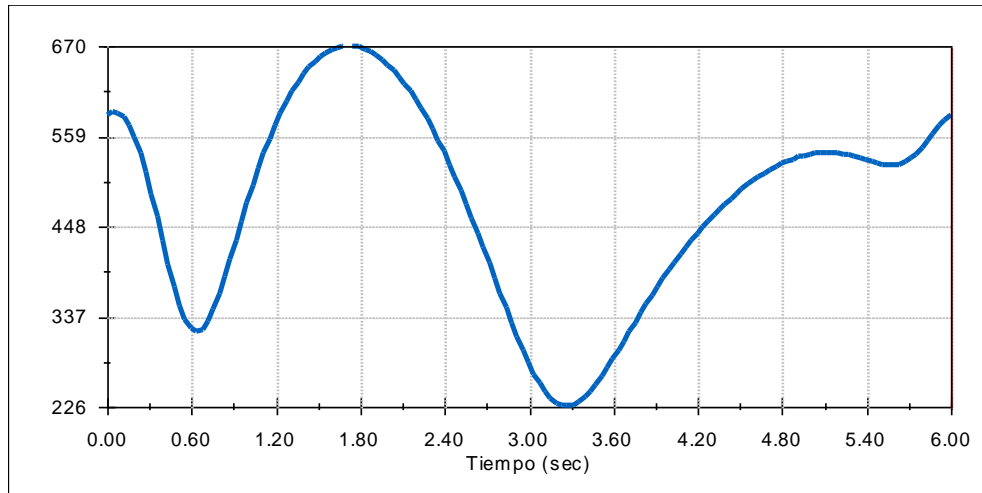


Figura 3.4 Velocidad lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca

Fuente: Autores

A diferencia de la gráfica anterior la aceleración (figura 3.5), como es de esperarse tiende a ser constante en los primeros segundos y también existen picos de aceleraciones altos en el inicio del recorrido hasta estabilizarse el sistema.

Estos picos de aceleraciones son producidos cuando existe el menor radio de curvatura en el recorrido.

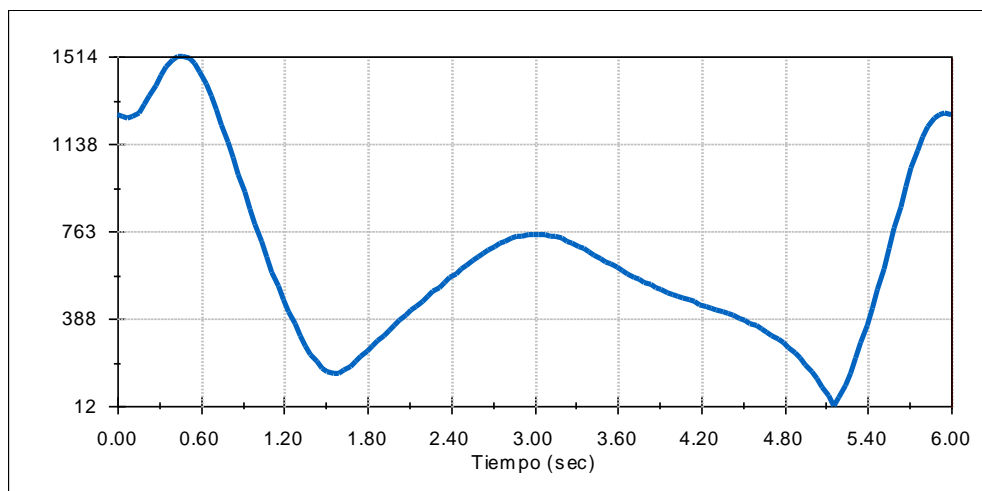


Figura 3.5 Aceleración lineal vs tiempo del punto de conexión de la caneca

Fuente: Autores

3.3 Análisis dinámico

Para el análisis dinámico utilizo SolidWorks para obtener los datos de fuerzas de reacción y momento en cada punto del mecanismo, es decir; los puntos en donde se van a situar los pasadores y el eje motriz con la finalidad de obtener las curvas de fuerza y momento vs tiempo en cada uno de esos puntos para realizar los cálculos de los elementos mecánicos sometidos a fatigas.

Estas graficas son de gran ayuda ya que permiten visualizar la variación de las fuerzas aplicadas en un periodo, de estas nos enfocaremos en la magnitud máxima aplicada que con sus respectivas componentes para realizar los cálculos necesarios de los elementos del diseño.

Uno de los puntos que cabe recalcar su análisis es la curva de torque aplicado al eje motriz vs el ángulo de la manivela (figura 3.6) donde se aprecia el torque que debería aplicar el motor para poder mantener la velocidad angular de 10 rpm constante; pero el motor que se quiere utilizar no variara su torque esto implicaría que la manivela tendrá variaciones en su velocidad haciendo que el torque en el sistema perjudique la vida útil del motor y posiblemente de los elementos mecánicos.

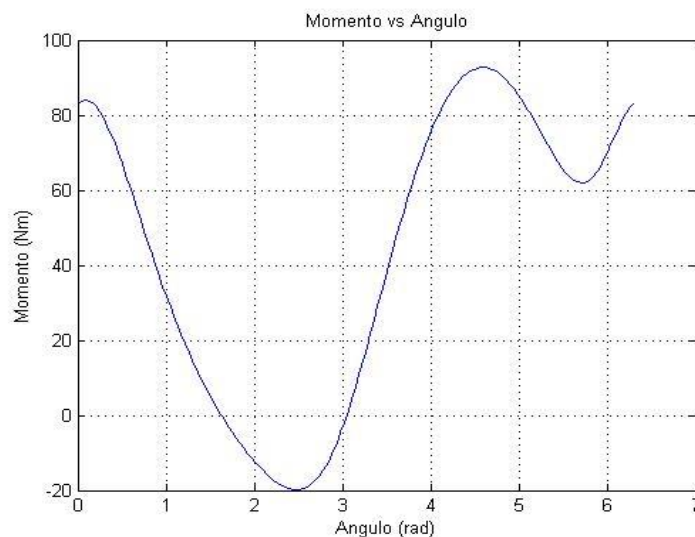


Figura 3.6 Curva de momento aplicado al eje motriz vs ángulo de la manivela

Fuente: Autores

3.4 Balanceo Dinámico

Como ya se conoce los mecanismos que poseen partes móviles suelen tener desbalance, generando vibración y a su vez produciendo daños en el mecanismo. Es por ello, para evitar lo antes expuesto se ha utilizado el método de Berkof-Lowen, que tiene definido las ecuaciones de un mecanismo de cuatro barras, este método utiliza las distancias de los eslabones, así como la del centro de masa de cada uno de ellos.

Con las ecuaciones definidas en la sección 2.9 se realizaron iteraciones, en este caso se definió que la sección del contrapeso será circular y que el material el cual van a ser construidos será de acero de transmisión 1018 ($\rho = 7860 \text{ kg/m}^3$), como punto inicial se asumió una medida de radio y la longitud teniendo en cuenta que estos sean lo más corto posible para no tener inconvenientes en los otros elementos del sistema, así como también es de vital importancia calcular el ángulo el cual este ubicado el contrapeso para que pueda cumplir con su objetivo. Como resultado final se obtuvieron las siguientes dimensiones mostradas en la tabla 3.2 para la manivela y el balancín.

Tabla 3.2 Resultados de balanceo dinámico

Contrapeso para la Manivela	
Material	Acero de Transmisión 1018
Longitud [mm]	100
Radio [mm]	35
Angulo de ubicación [°]	44
Contrapeso para el Balancín	
Material	Acero de Transmisión 1018
Longitud [mm]	100
Radio [mm]	40
Angulo de ubicación [°]	67

Fuente: Autores

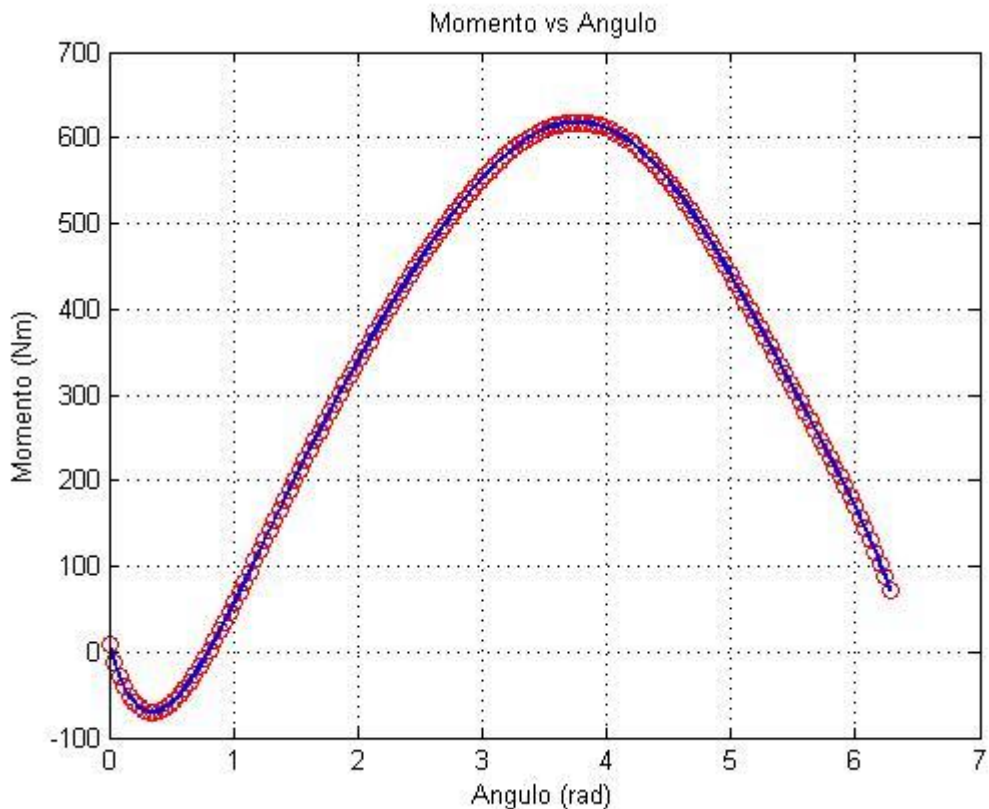


Figura 3.7 Curva de momento aplicado al eje motriz con contrapeso vs ángulo de la manivela Matlab

Fuente: Autores

En la figura 3.7 se puede observar que la magnitud del torque aplicado al eje motriz incremento tal como se indica en los textos consultados, teniendo como resultado final que al añadir contrapesos al sistema se genera un comportamiento sinusoidal sobre el momento a diferencia de la figura 3.6 que posee un comportamiento variable en su periodo.

3.5 Diseño de Volante

En el capítulo anterior se describió el procedimiento de cálculo para el volante por lo que en esta sección se dará a conocer los resultados de los dichos cálculos realizados; entre ellos tenemos la energía que debe almacenar el volante , siendo de 144.6 J esta energía es el área integrada por el software Matlab empleando el momento aplicado a la manivela dado por la simulación dinámica en SolidWorks; por consiguiente se procede a

definir la constante de amortiguamiento de 0.05 y los otro parámetros descritos en el capítulo 2, obteniendo como resultado un volante de 150mm de espesor y un diámetro exterior de 1.320 m con una masa total, de 1395kg.

La masa del volante se podría disminuir si se disminuye su espesor, pero como consecuencia traería un incremento en su radio exterior lo cual afectaría a la dificultad de obtención del material además de hacer más robusto el sistema; en cuanto a un incremento de espesor aumentaría la masa del volante incrementando a su vez su costo, pero estos cambios se vuelven notables para cambios en el espesor de 50 mm, dicho esto cabe recalcar que en los cálculos realizados es más sencillo disminuir la masa que disminuir su radio.

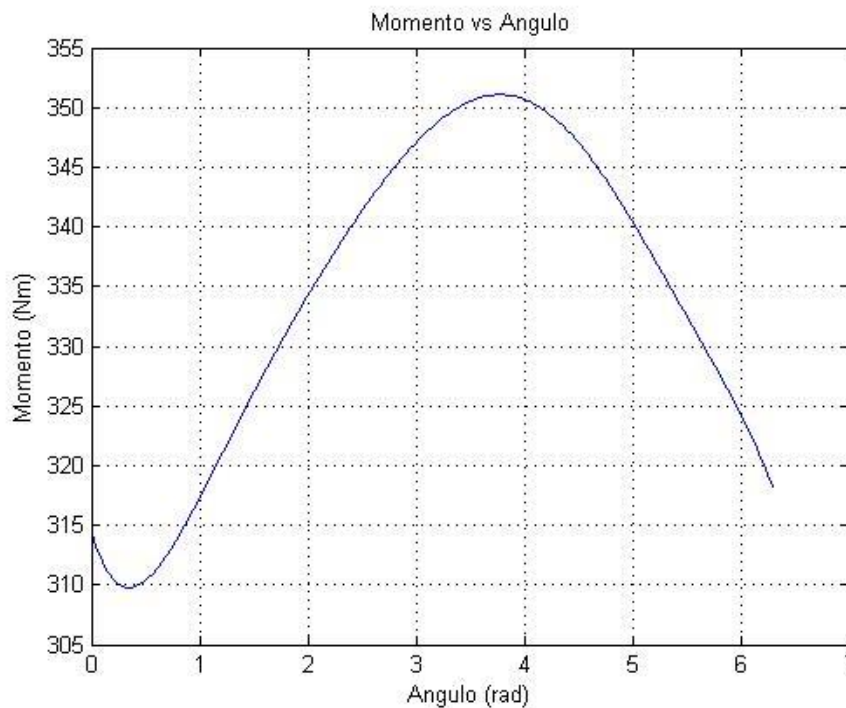


Figura 3.8 Curva de momento aplicado al eje motriz con contrapeso y volante vs ángulo de la manivela Matlab

Fuente: Autores

Una vez ubicado el volante sobre el eje motriz se procede nuevamente a obtener la curva torque vs tiempo y se obtiene como resultado que los valores de torsión son solo positivos, si hubiera magnitudes negativas se

tendría que colocar un sistema de control con el fin para evitar que sufra el motor durante su funcionamiento.

Por otro lado, de la gráfica (figura 3.8) se obtiene el torque promedio el cual es referente al torque de operación del motor.

3.6 Diseño Mecánico de los elementos

En esta sección se presentarán todos los diseños realizados basándose en los factores los cuales está sometido el sistema.

3.6.1. Eje motriz

Realizando el diseño estático y de fatiga se obtuvo como resultado que el diámetro del eje motriz debe de ser de 71 mm aproximadamente, cabe indicar que en el mercado nacional se encuentran ejes de transmisión de acero de 75 mm (3 pulgadas), se ha seleccionada este último para el diseño final.

3.6.2. Pasadores

En el diseño de los pasadores de los eslabones se procedió a calcular las fuerzas de reacción en cada uno de los apoyos del mecanismo, con los datos obtenidos se ha seleccionado el punto crítico, es decir, el cual posee la mayor magnitud de dicha fuerza, en este caso fue el apoyo fijo del eslabón cuatro. Además, es procedente realizar el análisis de las fuerzas de reacción que están sometidas al mismo (contrapeso, pasador).

Definiendo la longitud del pasador de 759.2 mm y seleccionando el material (acero de transmisión 1018), se procede a desarrollar el diseño estático, teniendo en consideración que el diámetro obtenido no es suficiente para el sistema, por ende, se procede a realizar el diseño por fatiga utilizando un factor de seguridad de 1.5, teniendo como resultado final que el diámetro del pasador necesario para esta sección es de 25 mm.

Este mismo diámetro encontrado se lo puede utilizar para la unión del eslabón 2-3 y del 3-4.

3.6.3. Soporte de la caneca

Para el soporte de caneca se ha definido utilizar aluminio (por peso y evitar posibles chispas por contacto de metales), por otra parte, se calculó el peso que ejerce la caneca llena de combustible sobre el soporte, siendo de 230N. El cálculo se realizó mediante diseño estático y simulación, obteniendo resultados pocos fiables. Posteriormente, el diseño por fatiga se obtuvo como resultado que las dimensiones de la base serán de 275X310X20 mm. Se hace necesario indicar, que para definir las dimensiones de la base se parte de las dimensiones de la caneca (figura 3.9).

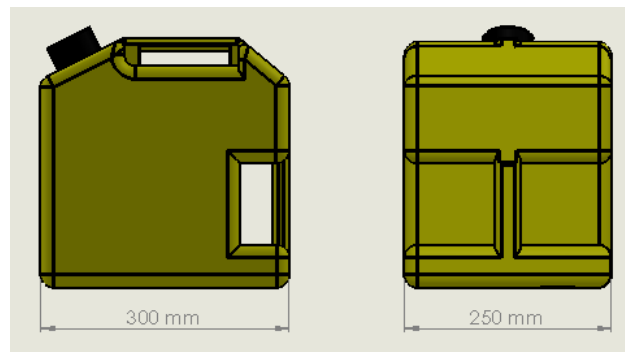


Figura 3.9 Caneca de 55 Litros

Fuente: Autores

3.7 Selección de los elementos del mecanismo de cuatro barras.

3.7.1 Motor- reductor

Para seleccionar el motor-reductor se debe de considerar el torque promedio aplicado a la manivela multiplicada por los rpm. Obteniendo como resultado un motor de 5 hp con una caja reductora que nos dé una velocidad de salida de 10 RPM.

Tabla 3.3 Catalogo Motor Marathon Motors

HP/ kW	RPM 60/50 HZ	60 HZ VOLTS	50 HZ VOLTS	IEC FRAME	CAT. NO.	MODEL NO.	STOCK	C.T. SPEED RANGE*	LIST PRICE	NOM. EFF.	60 HZ F.L. AMPS	WEIGHT	IEC "L" DIM. (mm)	FOOT NOTES	BS/FF FLANGE
3-2.2	3600/3000	230/460	200/400	90L	R321A	90LT34FH6301	✓	20:1	\$553	86.5	7.2/3.6	42	326		A572
	3600/3000	575	480	90L	R421A	90LT34FH6302	✓	20:1	\$553	86.5	2.9	42	326		A572
	1800/1500	230/460	200/400	100L	R322A	100LTFC6526	✓	20:1	\$600	89.5	9.0/4.5	84	415		A554A
4-3	1800/1500	575	480	100L	R422A	100LTFC6527	✓	20:1	\$600	89.5	3.6	84	415		A554A
	1200/1000	230/460	200/400	112M	R323A	112MTFC6576	✓	20:1	\$874	89.5	9.0/4.5	100	468		A554A
	3600/3000	230/460	200/400	100L	R351A	100LTFC6501	✓	20:1	\$640	87.5	9.2/4.6	71	415		A554A
	3600/3000	575	480	100L	R451A	100LTFC6502	✓	20:1	\$640	87.5	3.7	71	415		A554A
	1800/1500	230/460	200/400	100L	R352A	100LTFC6536	✓	20:1	\$651	89.5	11.0/5.5	84	415		A554A
	1800/1500	575	480	100L	R452A	100LTFC6537	✓	20:1	\$651	89.5	4.4	84	415		A554A
5 1/2-4	1200/1000	230/460	200/400	132S	R353A	132STFC6586	✓	2:1	\$1,058	89.5	13.0/6.5	154	464		A556A
	3600/3000	230/460	200/400	112M	R324A	112MTFC6511	✓	20:1	\$824	87.5	12.8/6.4	104	410		A555B
	3600/3000	575	480	112M	R424A	112MTFC6512	✓	20:1	\$824	87.5	5.1	104	410		A555B

(Motors, 1913-2013)

De la tabla 3.3 se puede obtener el Frame del motor y así determinar el diámetro de salida del mismo.

3.7.2 Diseño de Pernos

La selección de pernos se basa a partir del análisis de ecuaciones descrita en el capítulo 2. Además, en la selección de pernos se ha considerado que estén disponibles en el mercado nacional teniendo como resultado la lista de pernos que se muestran en la tabla 3.4:

Tabla 3.4 Pernos seleccionados

Ubicación	Numero de clase (ISO)	Medida
Balancín	12.9	M14
Contrapeso balancín	8.8	M14
Manivela	4.6	M18
Contrapeso manivela	4.6	M10
Unión canasta - barra 3	4.6	M10
Unión canasta - base	4.6	M8
Anillo en volante	4.6	M8

Fuente: Autores

3.7.3 Rodamientos y chumaceras

Para la selección de rodamientos primero se define la vida requerida con la tabla 2.8 sabiendo que el tiempo de uso de la maquina será de periodos cortos por lo tanto se seleccionó un $L_{h10} = 12 \times 10^3 h$.

Sabiendo que en los puntos de análisis solo existen cargas radiales ya que las axiales son depreciables se halla la carga equivalente y por consiguiente se halla la capacidad básica de carga dinámica, con este dato junto con el diámetro del eje se recurre a un catálogo de rodamientos, en donde también se debe de considerar que estos estén disponibles en el mercado nacional.

Dimensiones principales					Capacidades básicas de carga				Factor	Números de rodamientos				
mm					dinámica		estática							
d	D	B	$r_{s \min}^{(1)}$	$r_{NS \min}$	kN		kgf		f_0	tipo	con	con	con	
					C_r	C_{or}	C_r	C_{or}		abierto	tapas	de no	de bajo	de
												sello	sello	sello
												de	torque	contacto
25	32	4	0.2	—	1.10	0.840	112	86	15.8	6705	—	LLF	—	—
	37	7	0.3	0.3	4.30	2.95	435	300	16.1	6805	ZZ	LLB	—	LLU
	42	9	0.3	0.3	7.05	4.55	715	460	15.4	6905	ZZ	LLB	—	LLU
	47	8	0.3	—	8.35	5.10	855	520	15.1	16005	—	—	—	—
	47	12	0.6	0.5	10.1	5.85	1 030	595	14.5	6005	ZZ	LLB	LLH	LLU
	52	15	1	0.5	14.0	7.85	1 430	800	13.9	6205	ZZ	LLB	LLH	LLU
	62	17	1.1	0.5	21.2	10.9	2 160	1 110	12.6	6305	ZZ	LLB	LLH	LLU
	80	21	1.5	—	34.5	17.5	3 550	1 780	11.6	6405	—	—	—	—

Figura 3.10 Catalogo de rodamientos NTN

Fuente: (NTN, 2004)

Los rodamientos seleccionados son los que se muestran en la tabla 3.5

Tabla 3.5 Rodamientos de bolas

Diámetro interior [mm]	Tipo abierto
25	6305
75	6315

Fuente: Autores

La selección de la chumacera depende del rodamiento escogido, además se define que esta chumacera debe de ser de piso.

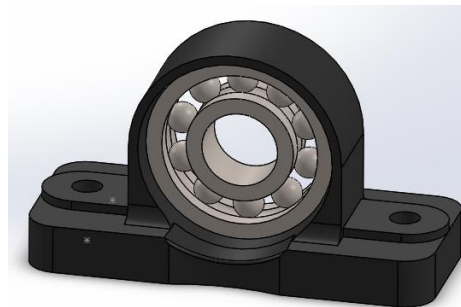


Figura 3.11 Chumacera con rodamiento de 25 mm de diámetro interior

Fuente: Autores

3.8 Simulación

3.8.1. Base principal del mecanismo

Como ya se mencionó las simulaciones se realizaron en el software SolidWorks Simulation, uno de los principales elementos del mecanismo de cuatro barras en general es la base que soporta todos los eslabones junto con el soporte de la caneca. Esta sección diseño considerando que los elementos de construcción deben de estar disponibles en el mercado nacional y que a su vez sean lo suficientemente resistentes para soportar todas las cargas aplicadas a él.

Los elementos que se utilizaron se muestran en la tabla 3.6:

Tabla 3.6 Materiales de base principal de la caneca

	Material	Cantidad
Base	Acero A36	1
Vigas HEB 160	Acero A36	2
Vigas HEB 160	Acero A36	2
Planchas	Acero A36	4

Fuente: Autores

Al realizar un estudio estático se puede observar en la figura 3.12 que existen zonas de altas tensiones, estas altas tensiones se encuentran justamente en las bases principales donde serán ubicadas las chumaceras que sostendrán los eslabones del mecanismo, teniendo en esa zona una máxima tensión de 397.6 kPa. Por lo tanto, se concluye que la estructura no fallara ya que está por debajo del límite de fluencia del Acero A36 el cual es de 250 MPa.

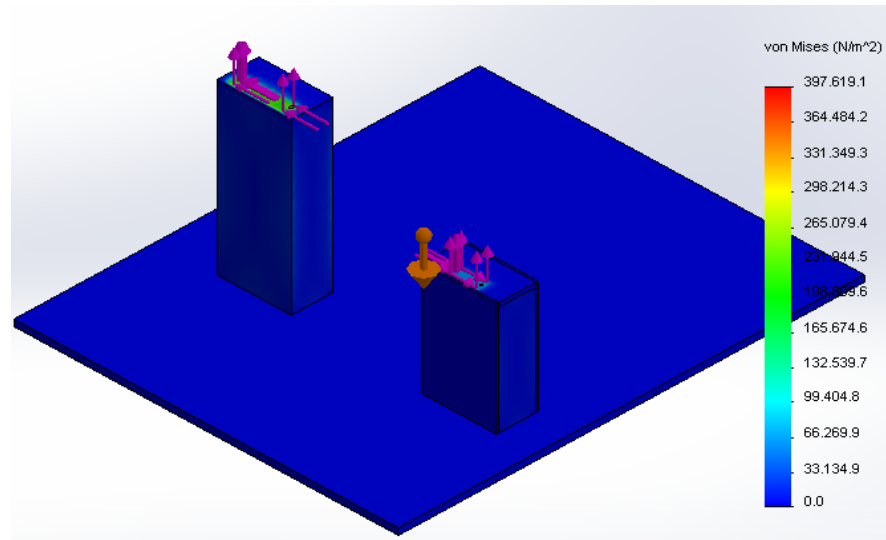


Figura 3.12 Esfuerzos de Von Mises de la base principal

Fuente: Autores

Como se puede observar en las figuras 3.13 y 3.14 existe desplazamientos y deformaciones unitarias muy pequeñas en comparación con la longitud original de las piezas a analizar por ende se puede concluir que la base principal que sostendrá todo el mecanismo no fallara en su operación.

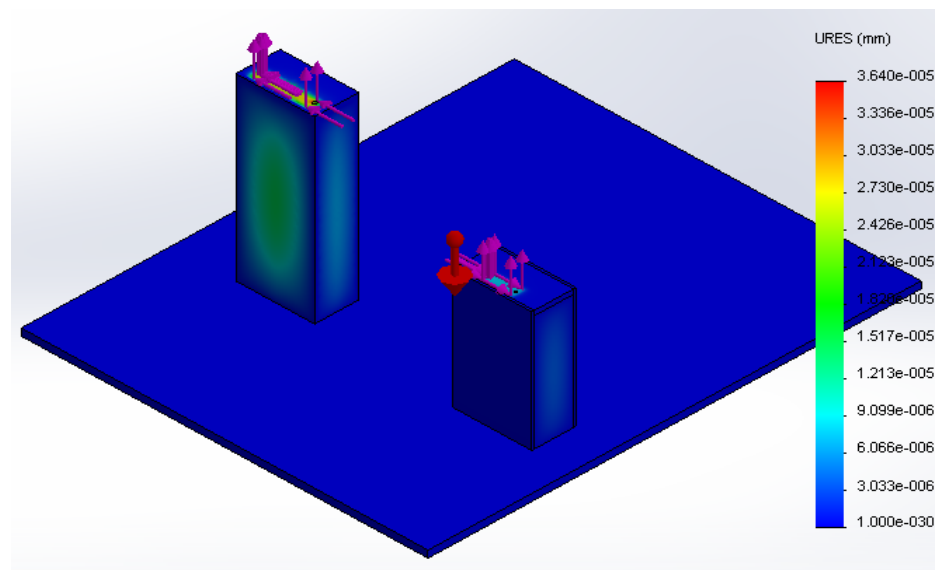


Figura 3.13 Desplazamientos de la base principal

Fuente: Autores

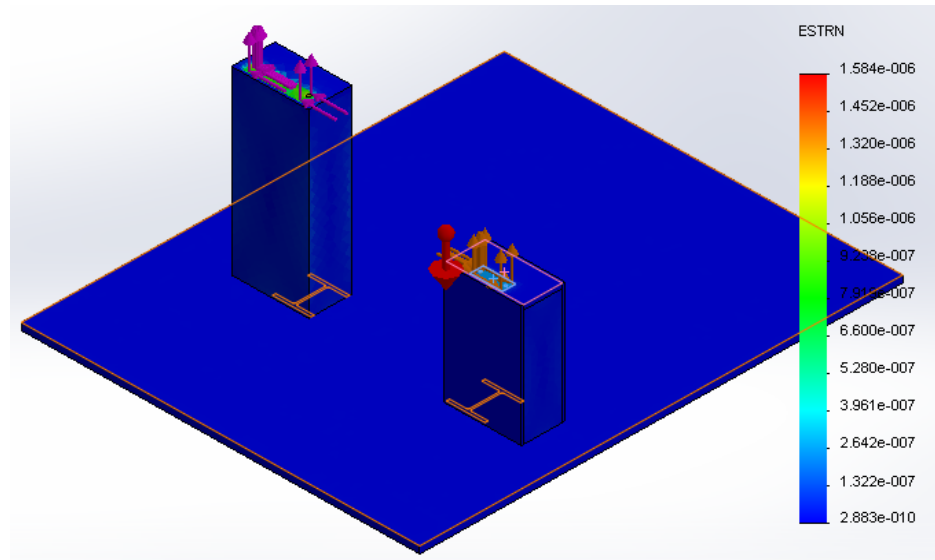


Figura 3.14 Deformaciones unitarias de la base principal

Fuente: Autores

Por otro lado, también se realizó un estudio por pandeo ya que este tipo de estructuras por lo general suelen sufrir este tipo de fallas. Como se observa en la figura 3.15 el diseño escogido no falla por fatiga ya que posee pequeños desplazamientos de sus piezas.

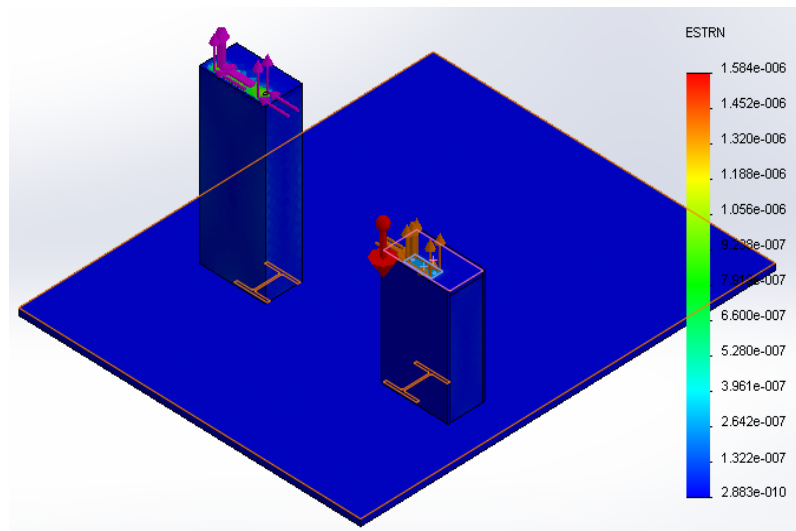


Figura 3.15 Deformación por pandeo de la base principal

Fuente: Autores

3.8.2. Base principal de la maquina

Otro de los elementos más críticos es el soporte que sujeta la caneca de 55 litros, como se puede observar en la figura 3.16 existe una zona de alta tensiones y esto ocurre debido a la aplicación de sujeción a la que está

sometida la pieza, pero se puede considerar apropiada ya que tiene un esfuerzo máximo de 218 kPa; es decir, no supera el límite de fluencia del aluminio 6063 que en este caso es de 145 MPa

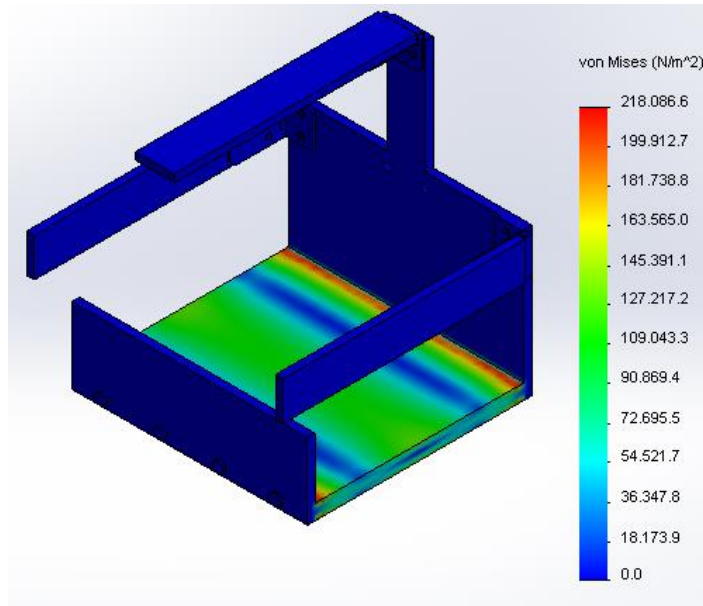


Figura 3.16 Tensiones Von Mises soporte de la caneca

Fuente: Autores

De igual manera en las figuras 3.17 y 3.18 muestran desplazamiento y desplazamientos unitarios pequeños en comparación al ancho de la base del soporte.

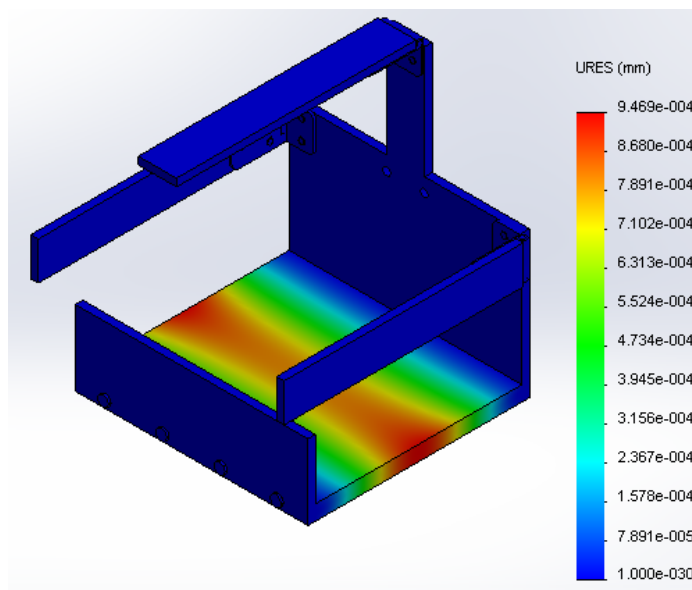


Figura 3.17 Deformaciones soporte de la caneca

Fuente: Autores

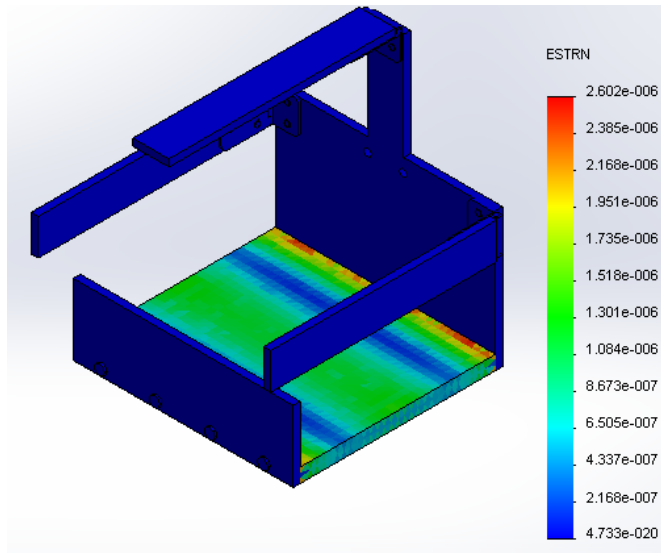


Figura 3.18 Deformaciones Unitarias soporte de la caneca

Fuente: Autores

3.8.3. Eje motriz

El eje motriz es un elemento primordial de cualquier mecanismo rotatorio por lo tanto se debe de realizar estudios para asegurar que este elemento no falle cuando la maquina este en operación, en este caso se puede asegurar que eje motriz de nuestra maquina no fallara ya que el esfuerzo de tensión máximo es de 108 MPa aproximadamente siendo el esfuerzo de fluencia del acero de transmisión 350 MPa.

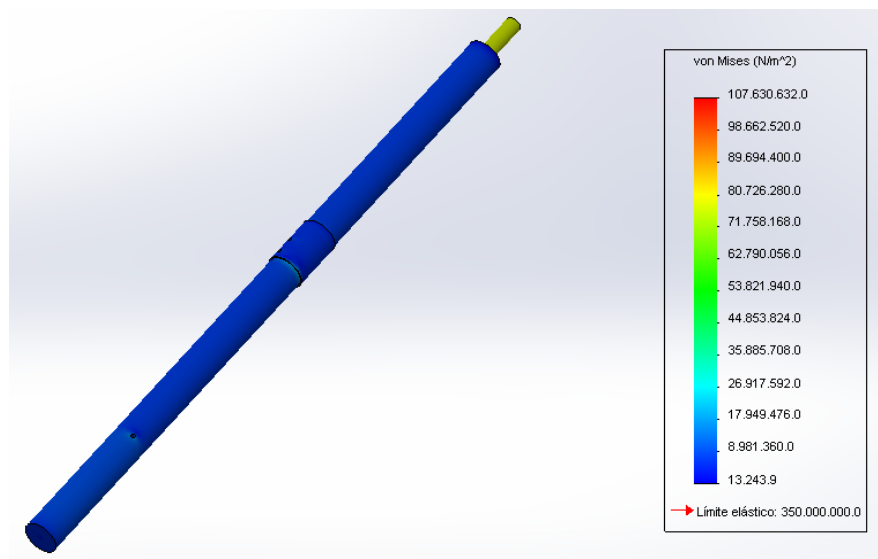


Figura 3.19 Esfuerzo Von Mises Eje Motriz

Fuente: Autores

Por otro lado, la deformación unitaria en el eje motriz es muy pequeña (3.6×10^{-4}) tal como se muestra en la figura 3.21.

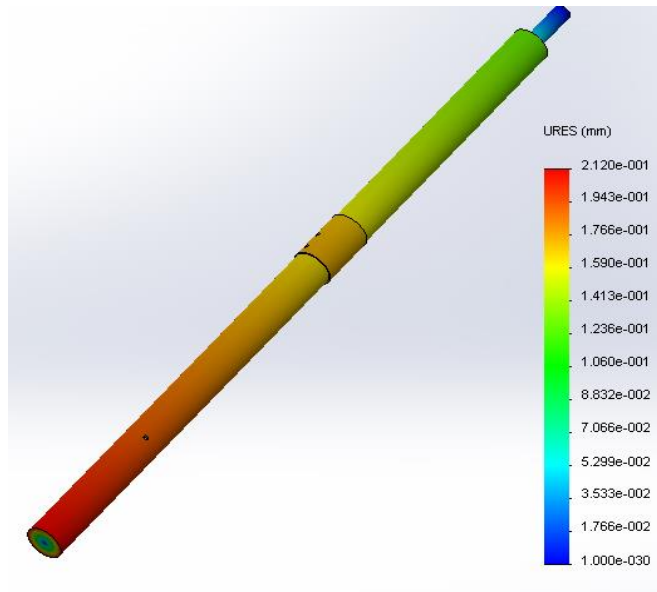


Figura 3.20 Desplazamiento Eje Motriz

Fuente: Autores

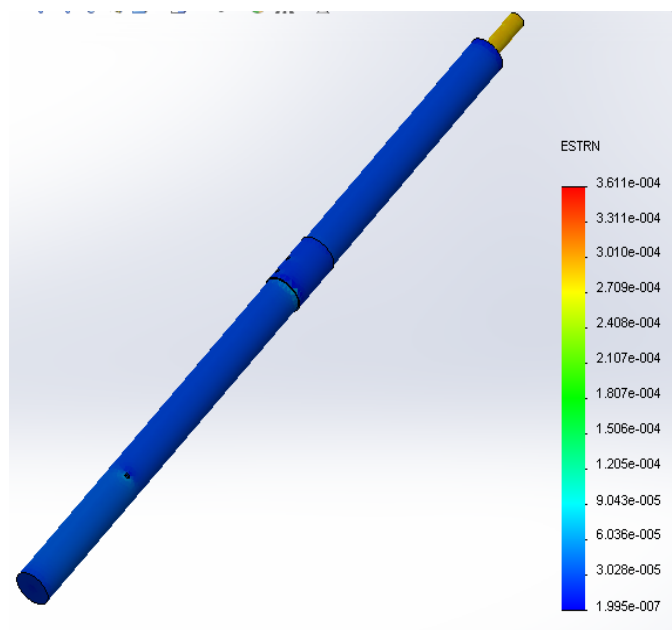


Figura 3.21 Desplazamiento Unitario Eje Motriz

Fuente: Autores

3.8.4. Pasador Balancín

El pasador que conecta al balancín en su sección inferior fue otro punto de análisis, en este caso se tuvo que aumentar el diámetro del mismo en la sección que va conectada el contrapeso ya que este superaba el límite de

fluencia del material, con dicha corrección se volvió a simular y se obtuvo como resultado un esfuerzo máximo de 259 MPa siendo este inferior al del acero de transmisión.

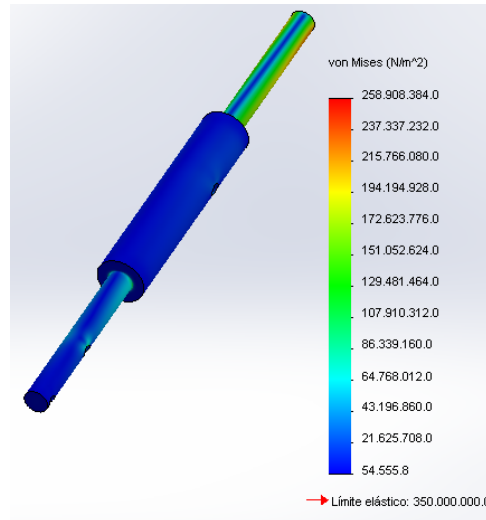


Figura 3.22 Esfuerzo Von Mises Pasador Balancín

Fuente: Autores

El desplazamiento unitario máximo es de 9.026×10^{-4} tal como se muestra en la figura 3.23 siendo este aceptable en el diseño.

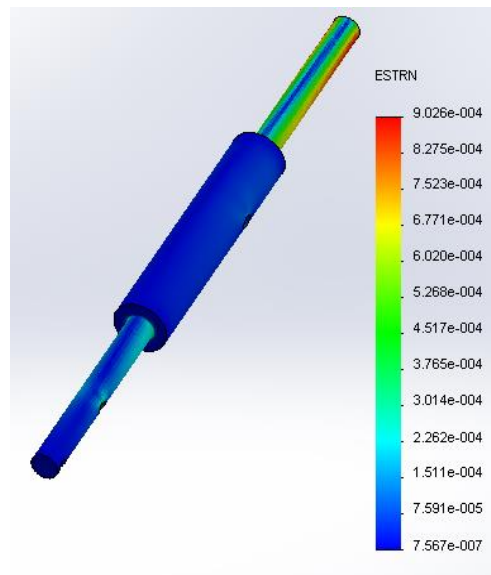


Figura 3.23 Desplazamiento Unitario Pasador Balancín

Fuente: Autores

3.8.5. Biela Soporte Caneca

Como se puede observar en la figura 3.24 el ensamblaje de la biela con el soporte de la caneca no sufrirá ningún daño, en este caso la unión de ambos

elementos es mediante pernos de fijación los cuales se puede asegurar que tampoco sufrirán ninguna clase de problemas en el momento que esté operando la máquina.

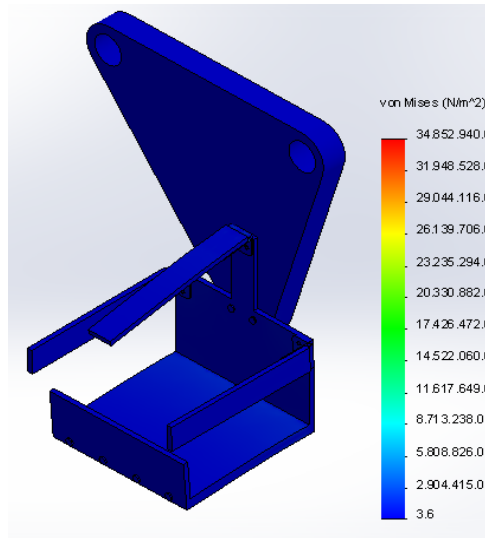


Figura 3.24 Esfuerzo Von Mises Unión Soporte Biela

Fuente: Autores

Además, también se puede observar en la figura 3.25 existe un desplazamiento unitario 1.39×10^{-6} muy pequeño el cual se encuentra justo en la sección donde estará ubicada la caneca.

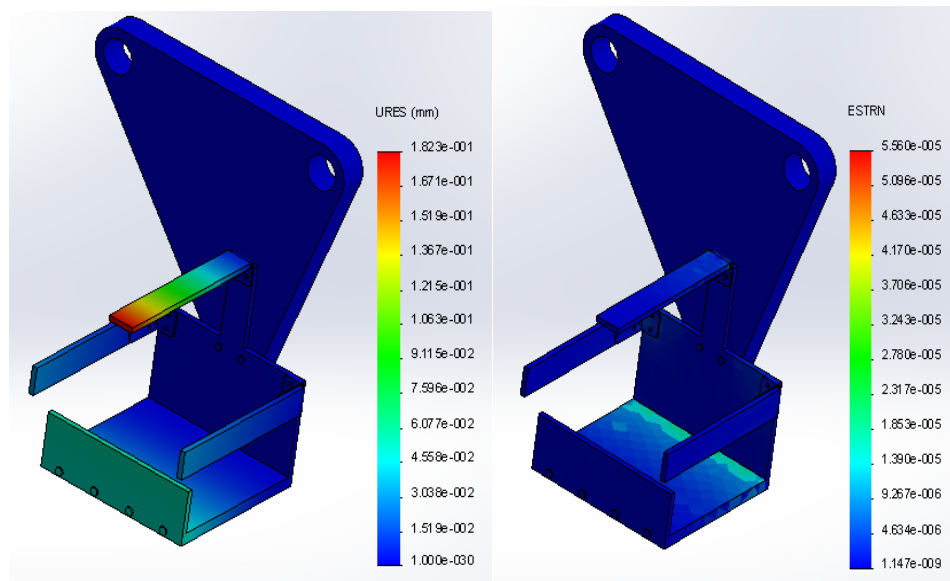


Figura 3.25 Desplamiento y Desplazamiento Unitario Unión Soporte Biela

Fuente: Autores

3.8.6. Manivela

La manivela es uno de los elementos de gran interés ya que este soporta el torque máximo producido sobre el motor, como se puede observar en la figura 3.26 el elemento no fallara ya que este no supera el límite de fluencia del aluminio 6063 pero se tiene una zona critica la cual es el orificio donde posara el eje motriz.

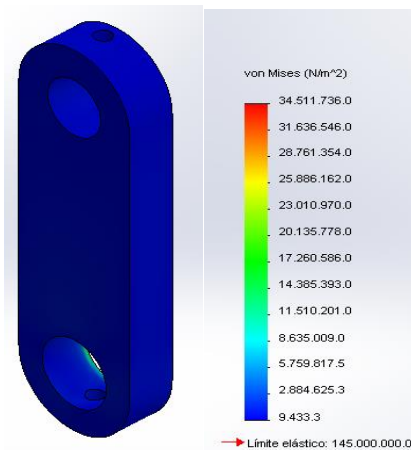


Figura 3.26 Esfuerzo Von Mises Manivela

Fuente: Autores

En la figura 3.27 se puede observar que existen pequeños desplazamientos que se consideran aceptables.

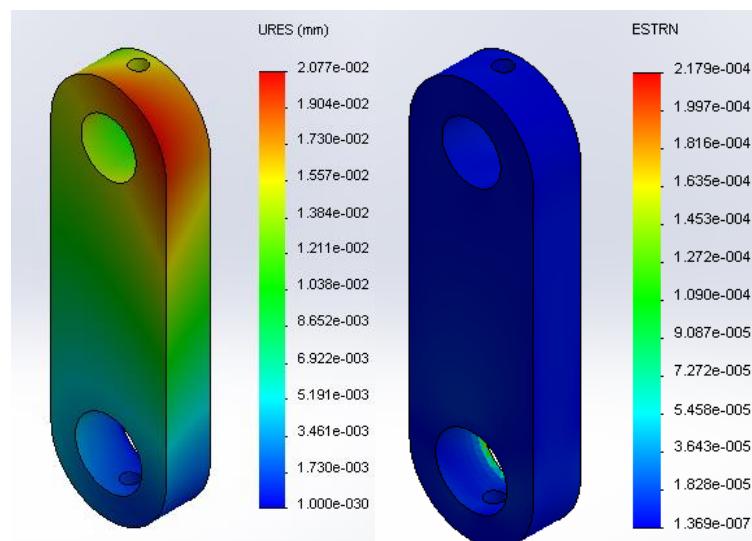


Figura 3.27 Desplazamiento y Desplamiento Unitario Manivela

Fuente: Autores

3.9 Diseño Final

Luego de haber realizado todos los cálculos respectivos además de analizar los resultados obtenidos se procede a definir el prototipo final de la maquina mezcladora tal como se muestra en la figura 3.29.

Este diseño fue realizado considerando todos los parámetros definidos en el capítulo anterior, considerando uno de los más importantes el cual es que el recorrido del mecanismo debe de ser en forma de una curva Lissajous o en forma de ocho, además de que tenga una velocidad de operación de salida de 10 RPM.

Por otro lado, en el transcurso del diseño se tuvo que realizar algunos cambios o adicionar otros elementos para que el equipo funcione perfectamente tales como contrapesos, volantes, entre otros, haciendo el sistema más robusto y que a su vez incremente su costo de producción.

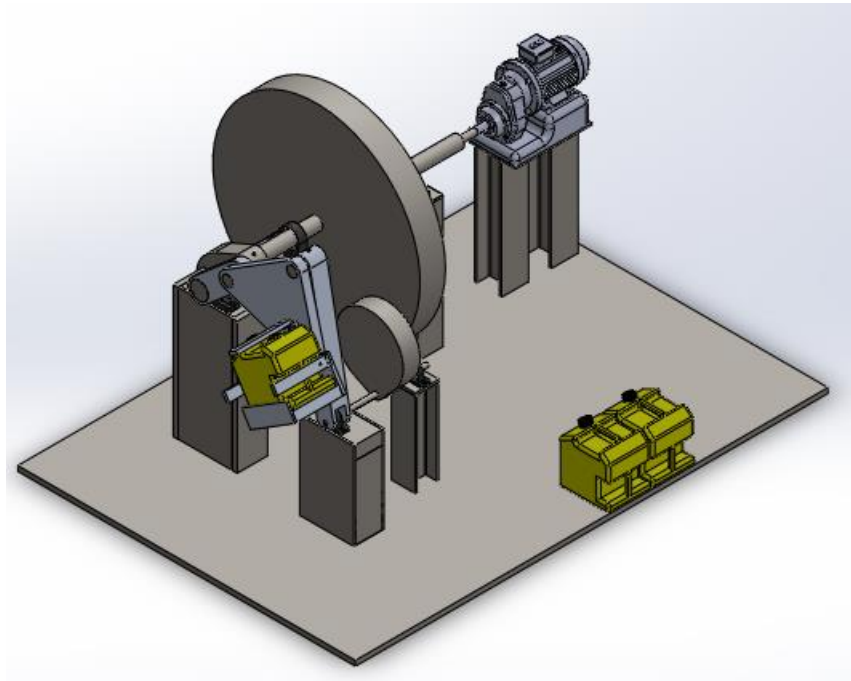


Figura 3.28 Prototipo Final

Fuente: Autores

3.10 Estimación de costos del prototipo

Un punto importante el cual se debe de considerar es el costo de inversión del prototipo considerando todos los elementos necesarios para su debida construcción. En la tabla 3.7 se puede observar el listado de equipos además de su costo en el mercado nacional.

Como se puede observar la inversión inicial es de aproximadamente \$6000, teniendo como los costos más elevados el motor-reductor y la fabricación del volante. Para realizar este tipo de estimación se tuvo que realizar algunas visitas en diferentes locales comerciales de la ciudad, esta actividad de es vital importancia ya que se puede tener una buena aproximación de los costos en el mercado nacional.

Las cotizaciones realizadas se la presentan en el apéndice C.

En este caso no se analizó el TIR Y VAN ya que este es un costo de inversión para un prototipo, es decir; no habrá un retorno de la inversión inicial.

Tabla 3.7 Costo de Inversión del prototipo

INVERSIONES			
Equipos	Cantidad Unidad	Precio unitario \$	Precio total \$
Motor-reductor	1	1 800.00	1 800.00
Rodamientos	10	1.54	15.40
Vigas	1	150.00	150.00
Chumaceras	6	6.00	36.00
Fundición de aluminio	1	180.00	180.00
Soldadura	1	100.00	100.00
Bisagras	3	1.39	4.17
Pernos	5	8.00	40.00
Volante	1	2410.00	2410.00
Equipos	Cantidad kg	Precio unitario \$	Precio total \$
Pasadores	2.73	2.41	6.58
Eje motriz	30	2.41	72.30
Chavetas	0.3	2.41	0.72
Placas	300	2.41	723.00
Contrapeso 1	84	2.41	202.44
Contrapeso 2	109	2.41	262.69
			6 003.30

Fuente: Autores

CAPÍTULO 4

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones

1. El proceso de mezclado para los líquidos, se ha seleccionado el método de turbulencia ya que este es uno de los procedimientos más eficaz para la obtención de un buen mezclado.
2. Utilizando las ecuaciones matemáticas respectivas tanto para el análisis cinemático y dinámico se pudo definir el diseño de forma del prototipo final el cual cuenta con un mecanismo de cuatro barras que posee una trayectoria de forma de una curva Lissajous o en ocho.
3. Las escalas de los eslabones del mecanismo se las obtuvo con el atlas de Hrones y Nelson, cumpliendo con el requisito que el recorrido debe de ser de forma de ocho, por motivo que no todos las escalan cumplen con la trayectoria antes seleccionada.
4. Los datos para el análisis cinemático se los obtuvo mediante el software Matlab y SolidWorks. Este último programa se obtuvo resultados más precisos que Matlab debido a que se realiza estudios en tres dimensiones, también se considera el material de las piezas a analizar y las inercias de cada elemento del sistema.
5. Los material que se utilizaran en el diseño fueron escogidos considerando algunos parámetros tales densidad, rigidez, resistencia mecánica, disponibilidad en el mercado, entre otros, un punto importante a considerar es que el material el cual va a ser construido el soporte y los eslabones el rozamiento entre ellos no debe de producir chispas debido a que estas chispas podrían entrar en contacto con el combustible que se está mezclado y producir algún accidente inesperado, por lo tanto los materiales escogidos serán aluminio 6063 para los eslabones y el soporte de la caneca, además de acero de transmisión para el eje motriz y los pasadores.

6. Los datos para el análisis dinámico se los realizo de manera similar que los cinemáticos en donde también se obtuvo diferencia ya que Solidworks utiliza otro de análisis más avanzado, en cambio Matlab se rige a las ecuaciones matemáticas ingresadas en él y solo considera los parámetros establecidos por el diseñador, además este software trabaja en un plano bidimensional.
7. Con el análisis dinámico se pudo obtener la gráfica de momento en el eje motriz, con esto se seleccionó el motor requerido para realizar el trabajo respectivo. Además, con dicha grafica se pudo concluir que existía problemas de desbalance, además existía momentos negativos lo cual era necesario adicionar un volante mecánico.
8. Al aplicar los contrapesos en el sistema se comprobó que hubo un aumento en las fuerzas de reacción en los apoyos tal como se menciona en el método de Berkof-Lowen pero se obtuvo una curva de momento sinusoidal en donde se considera el torque promedio para el diseño del volante.
9. Para diseñar un volante primero se debe de definir la forma y el material; la selección de forma puede ayudar a abaratar costos ya que si es un disco hueco es más probable que su masa sea mayor a la de un volante con masa concentrada al borde. El inconveniente con los volantes que tienen su masa concentrada en los bordes es el aumento de su radio; pero a su vez al ser menor su masa empleada disminuye su carga aplicada al eje motriz, teniendo en cuenta la densidad del material del volante; para el diseño se seleccionó acero de transmisión permitiendo disminuir las dimensiones y la masa del mismo.
10. El volante cumple la función de amortiguar la variación de momento que se aplica a la manivela y adicionalmente almacenar energía necesaria para compensar en algunos tramos del ciclo lo cual se observa en la figura 3.8.
11. Se comprobó que todos los elementos mecánicos diseñados tales como eje motriz, base principal, pasadores, eslabones, soporte de la caneca sus esfuerzos de Von Mises son inferiores al esfuerzo de

fluencia de sus respectivos materiales, por lo tanto, estas estructuras no fallaran durante su operación.

12. La inversión para la construcción del prototipo es aproximadamente de \$6000 teniendo en cuenta que la disponibilidad en el mercado de los elementos de la máquina.
13. El prototipo diseñado cumple con la seguridad del operador, permite colocar la caneca en un soporte seguro, evita chispa entre los contactos de las piezas en el momento de su funcionamiento y un tiempo de mezclado de 5 minutos.
14. La construcción del prototipo no solo cumple con el objetivo de mezclar un combustible y bicarburantes, también se puede considerar como una máquina de aprendizaje académico ya que esta contiene todos los componentes que se estudian a lo largo de la carrera.
15. El diseño establecido posee un como adicional el acople de la caneca de 55 litros en su soporte.

4.2 Recomendaciones

1. Existen otros materiales con mejores propiedades mecánicas que el aluminio disponible en el mercado, pero al no existir normas específicas para la construcción de este mecanismo se recomienda consultar en manuales o textos guías para la selección de materiales teniendo en consideración que se va a trabajar con combustible.
2. Se recomienda pintar las superficies de las barras de soporte con el fin de evitar filtración de combustible hacia los pernos que sujetan las mismas.
3. Se debe de implementar un cable que haga contacto tierra desde el interior de la caneca ya que al mezclarse los combustibles existe fricción con las paredes de la caneca generando cargas electrostáticas que pueden terminar en combustión.
4. Se aconseja realizar primero los cálculos manuales y compararlos con lo los datos obtenidos a partir de las simulaciones para tener una mejor interpretación de los resultados finales.

5. Todo mecanismo rotatorio tiene desbalance lo que genera vibraciones que perjudican los elementos, por lo tanto, es necesario balancear para eliminar las fuerzas de sacudimiento; además también se recomienda utilizar otros métodos de balanceo que tenga menor incremento de las fuerzas de reacción.
6. Se recomienda seleccionar accesorios basándose en la disponibilidad del mercado nacional.
7. No se debe de realizar análisis de TIR y VAN en la estimación de costos ya que solo se analizan los costos para la construcción de un prototipo que no genera un retorno de la inversión inicial.
8. Se debe de colocar un extintor de CO₂ cerca de donde estará ubicada la máquina para casos de emergencia
9. Se recomienda realizar mantenimiento preventivo cada 12000 horas de uso de la máquina para prevenir daños en los elementos críticos del sistema.
10. El momento en el que se utilizara la maquina se recomiendo que el operador utilice su respectivo equipo de protección personal, además se debe de establecer una línea de seguridad para que el operador mantenga su distancia en el momento que la maquina este encendida.
11. Gran parte del respectivo costo en el proyecto recae en la implementación del volante debido a sus dimensiones; este costo se puede simplificar adaptando un sistema de tren de engranajes el cual reduzca el torque aplicado del eje motriz paralelo al eje del mecanismo de cuatro barras y a su vez incremente su velocidad angular.

Teniendo como resultado que disminuye el área bajo la curva del nuevo torque promedio y a su vez este se reduce de acuerdo a la relación de engranes definidos de igual manera la inercia del volante disminuye aún más debido a que depende del cuadrado de la nueva velocidad angular; por lo que se estimaría que para un tren de engranes de 2 etapas de 10:1 se requeriría un volante con un radio

exterior de 0.24 m y de espesor 0.15 m; cabe recalcar que estas dimensiones son para un volante con forma de disco sólido.

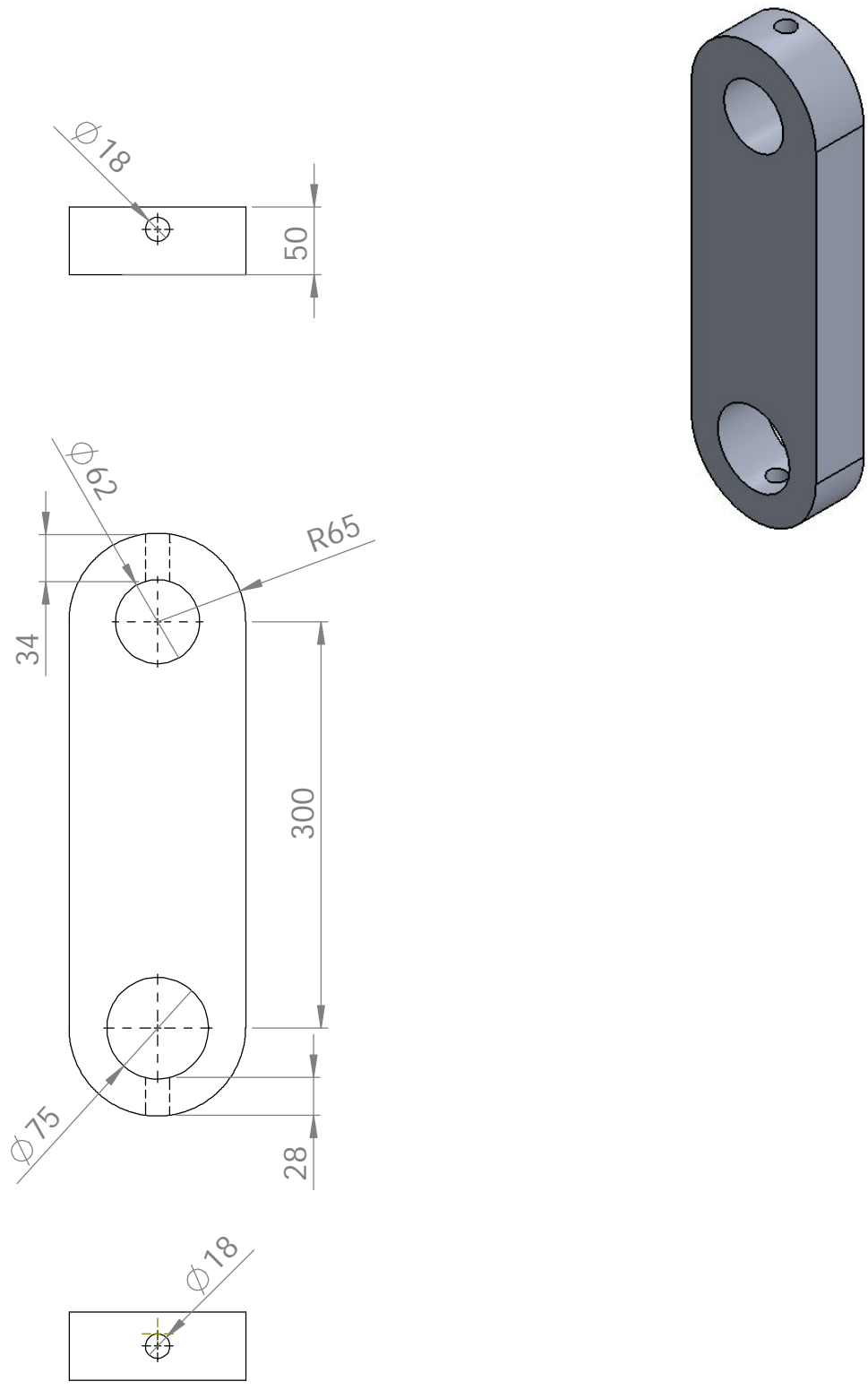
BIBLIOGRAFÍA

- Software Licencia Autorizada Espol. (s.f.).
- Ballesteros, M. (s.f.). *Energía de la Biomasa (II): Biocarburantes*. Fundación CEDDET.
- Castells, X. E. (2012). *Reciclaje de residuos industriales: Residuos solidos urbanos y fangos de* (Vol. II). Madrid: Diaz de Santos.
- Cayetano, E. M. (2005). *La Biomasa en la Producción de Electricidad en España*. Estudio Geografico.
- Colombia, E. y. (2015). *Equipos y Laboratorios de Colombia*. Obtenido de http://www.equiposylaboratorio.com/sitio/contenidos_mo.php?it=2967
- Costalago., I. B. (10 de 01 de 2015). *Energias renovables*. Barcelona: Reverté. Recuperado el 12 de 05 de 2017, de Energias renovables: <http://www.energiasrenovablesinfo.com/biomasa/tipos-biocombustibles/>
- Gary, J., & Handwerk, G. (2003). *Refino de petróleo: tecnología y economía*. Colorado: Reverté.
- Gonzalez, V. J. (2009). *Energia Renovables*. Barcelona: REVERTÉ.
- Hrones, J., & Nelson, G. (s.f.). *ANALYSIS of the FOUR- BAR LINKAGE Its Application to the Synthesis of Mechanisms*. New York.
- Matlab. (2017).
- McCabe, W., Smith, J., & Harriot, P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. Mexico: MC Graw Hill.
- (2016). *Mezclado de Liquidos* .
- Miliarium Aureum S.L. (s.f.). *Miliarium*. Obtenido de Miliarium: <http://www.miliarium.com/Bibliografia/Monografias/Biocombustibles/EtapasProcesoProduccionBioetanol.asp>
- Ministerio Coordinador de Sectores Estrategicos, E. (2016). *Balance Energetico 2016 Año Base 2015*.
- Ministerio del Interior, M. (2014). *MATRIZ DE PONDERACIÓN PARA LA SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PROVEEDORES DEL ESTADO*. Montevideo.
- Motors, M. (1913-2013). *Catalogo de Motores*.
- Norton, R. L. (2009). *Diseño de maquinaria*. Monterrey, Mexico: MC Graw Hill Educación.

- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Maquinas Un enfoque integrado* (Vol. IV). Mexico: Pearson.
- NTN, N. T. (2004). *Rodamientos de Bolas y de Rodillos*.
- Productivos, A. T. (2008). *Tablas de Densidad Y Peso Específico*.
- SkyCiv Cloud Engineering Software. (2013-2014).
- SolidWorks, C. (2013). Estudiantil (2013) [Software].
- Spurrier, G. (2013). *Biocombustibles* .
- VIGA Online. (2017). Obtenido de <http://viga.online/>
- Weininger, S. J., & Stermitz, F. R. (1988). *Química orgánica*. Barcelona: Réverte.
- Whitman, W. C., & Johnson, W. M. (s.f.). *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado*.
- XIAN FENG. (s.f.). Obtenido de <http://www.dryingmachineschina.es/3-3-dimensional-motion-mixer.html>
- Yúfera, E. P. (1996). *Química orgánica básica y aplicada: de la molécula a la industria*. Barcelona: Reverté.

APÉNDICES

APÉNDICE A
Planos Esquemáticos



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Aluminio
6063

N.º DE DIBUJO

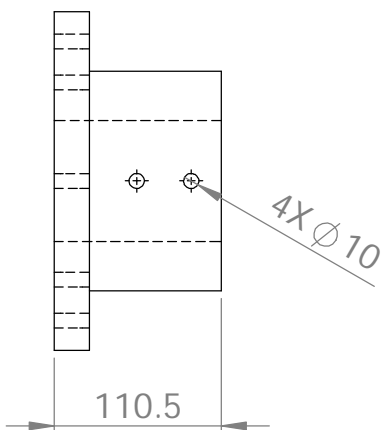
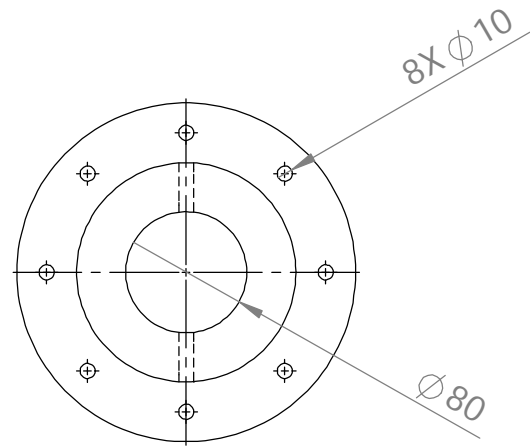
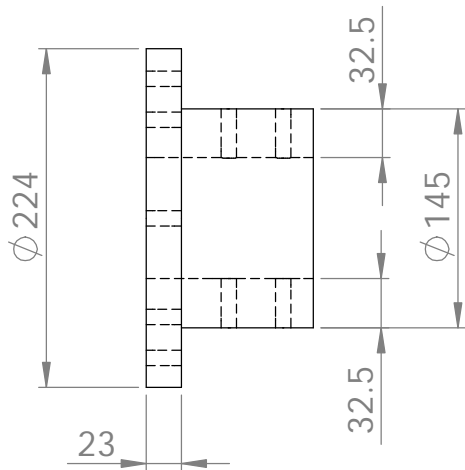
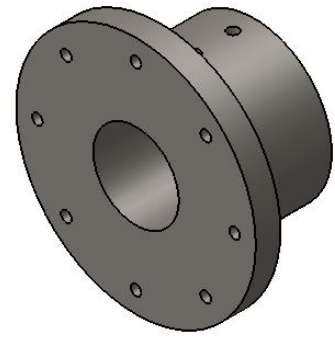
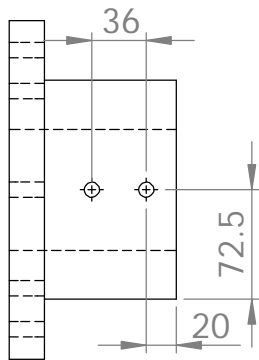
Manivela

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero

N.º DE DIBUJO

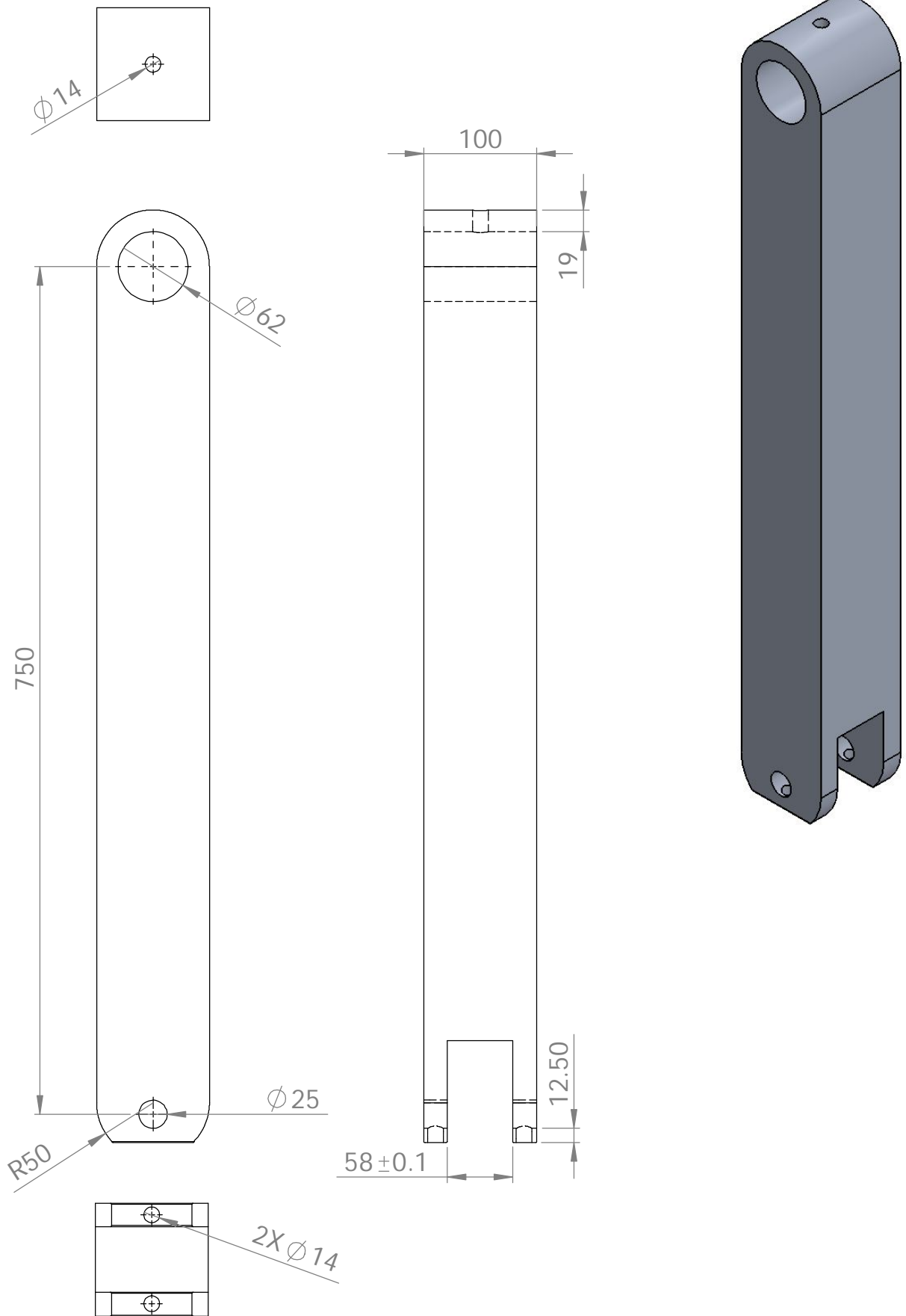
Anillo de Fijación

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Aluminio
6063

N.º DE DIBUJO

Balancin

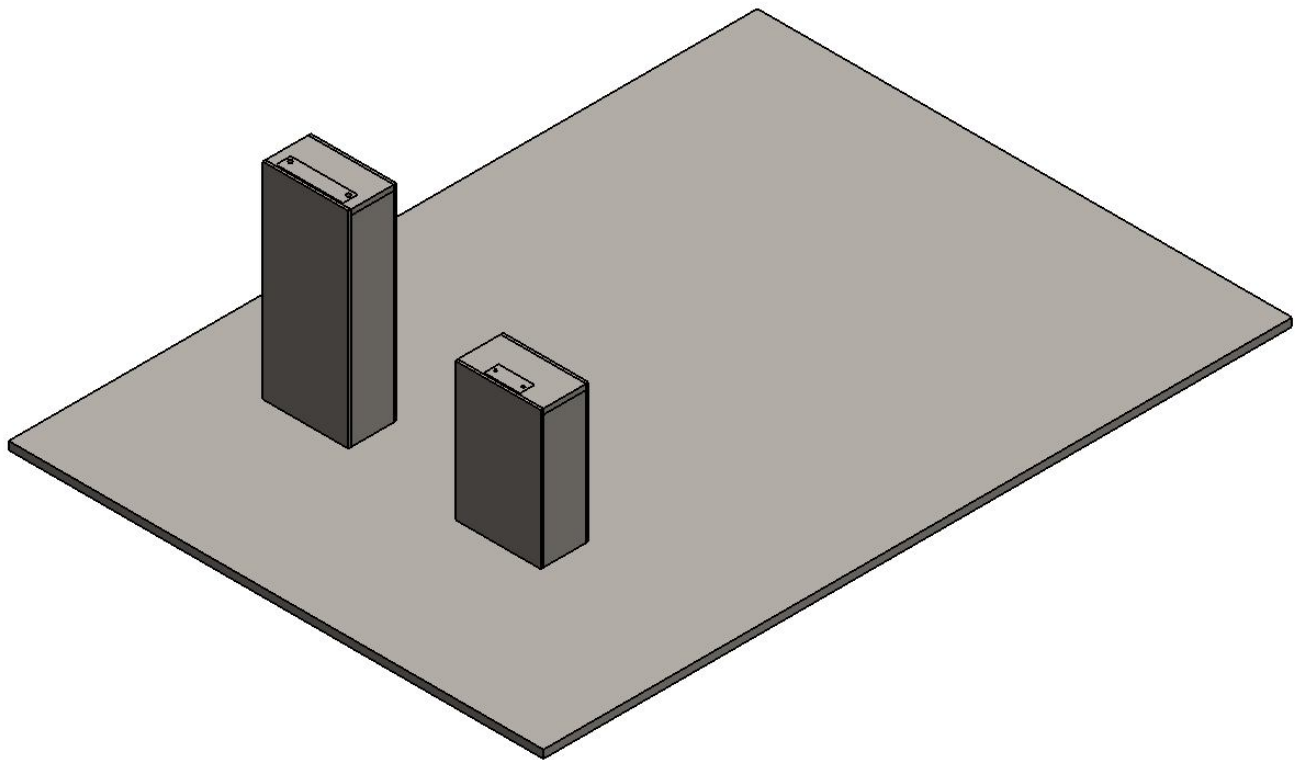
A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

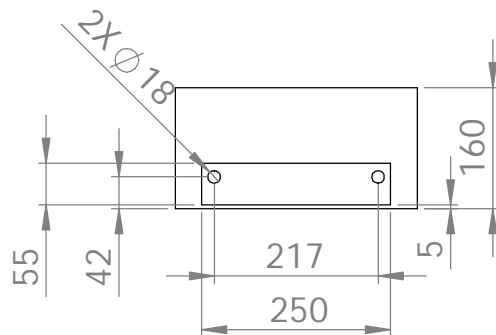
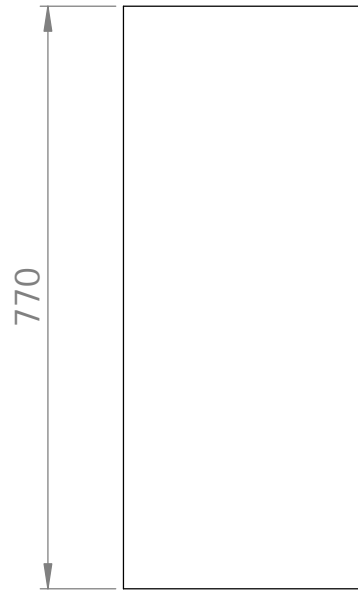
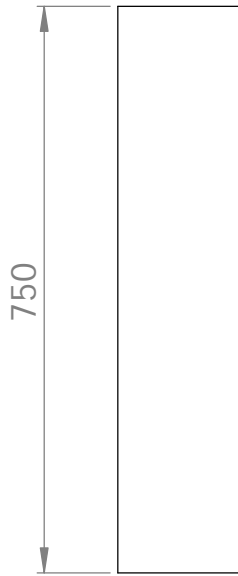
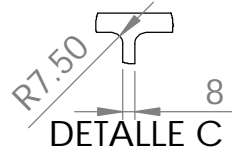
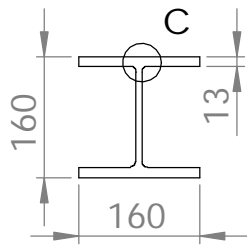
HOJA 1 DE 1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE PRINCIPAL	BASE CUADRADA	1
2	VIGAS HEB160	VIGA HEB	2
3	VIGAS 700 HEB160	VIGA HEB	2
4	BARRA 320X10X515	BARRA HORIZONTAL	2
5	BASE 160X320X30	BASE DE PUNTO FIJO A	1
6	BASE 160X320X30	BASE DE PUNTO FIJO B	1
7	BARRA 30X380X750	BARRA HORIZONTAL	2



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez Hugo Quezada	MATERIAL: Acero A36	N.º DE DIBUJO BASE PRINCIPAL	A4
FECHA: 22/08/2017		ESCALA:1:50	HOJA 1 DE 4



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL: Acero A36

N.º DE DIBUJO

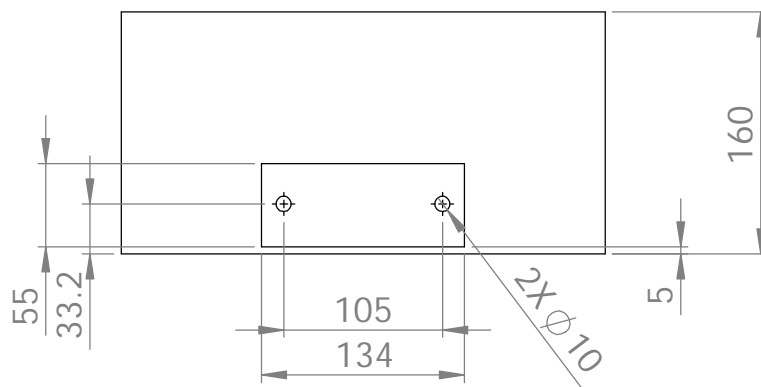
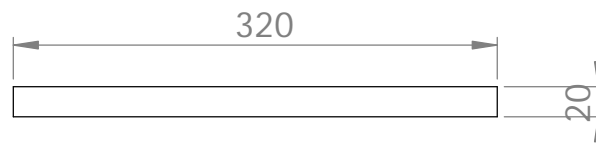
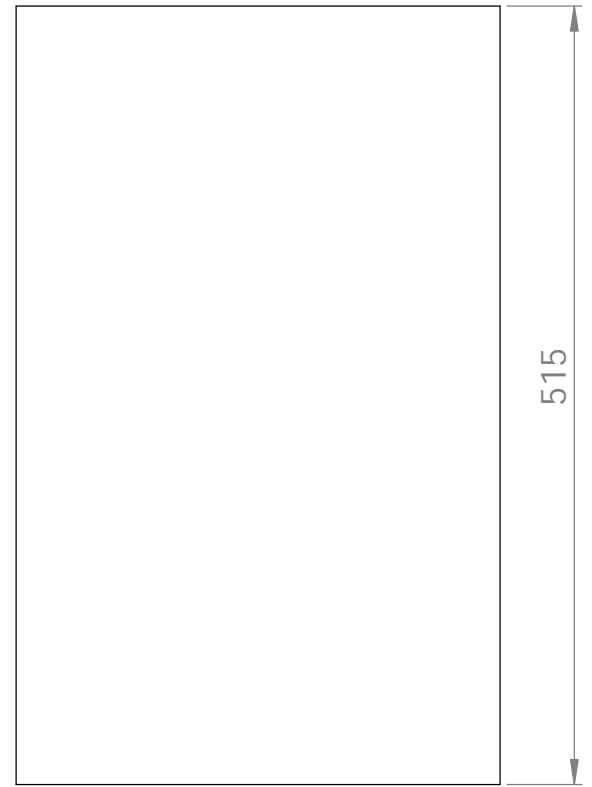
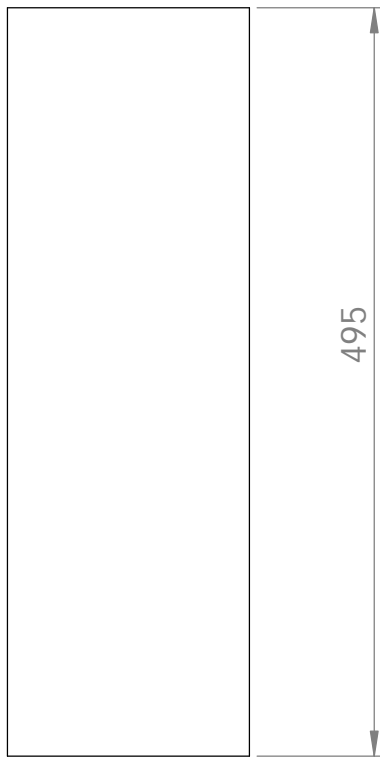
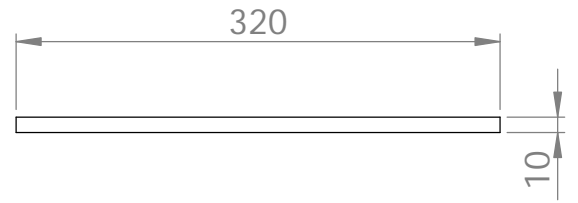
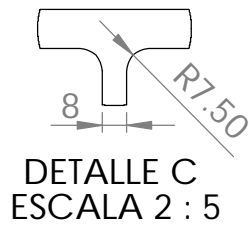
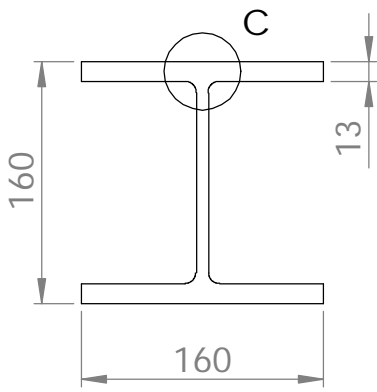
BASE PRINCIPAL

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 2 DE 4



TÍTULO:

Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL: Acero A36

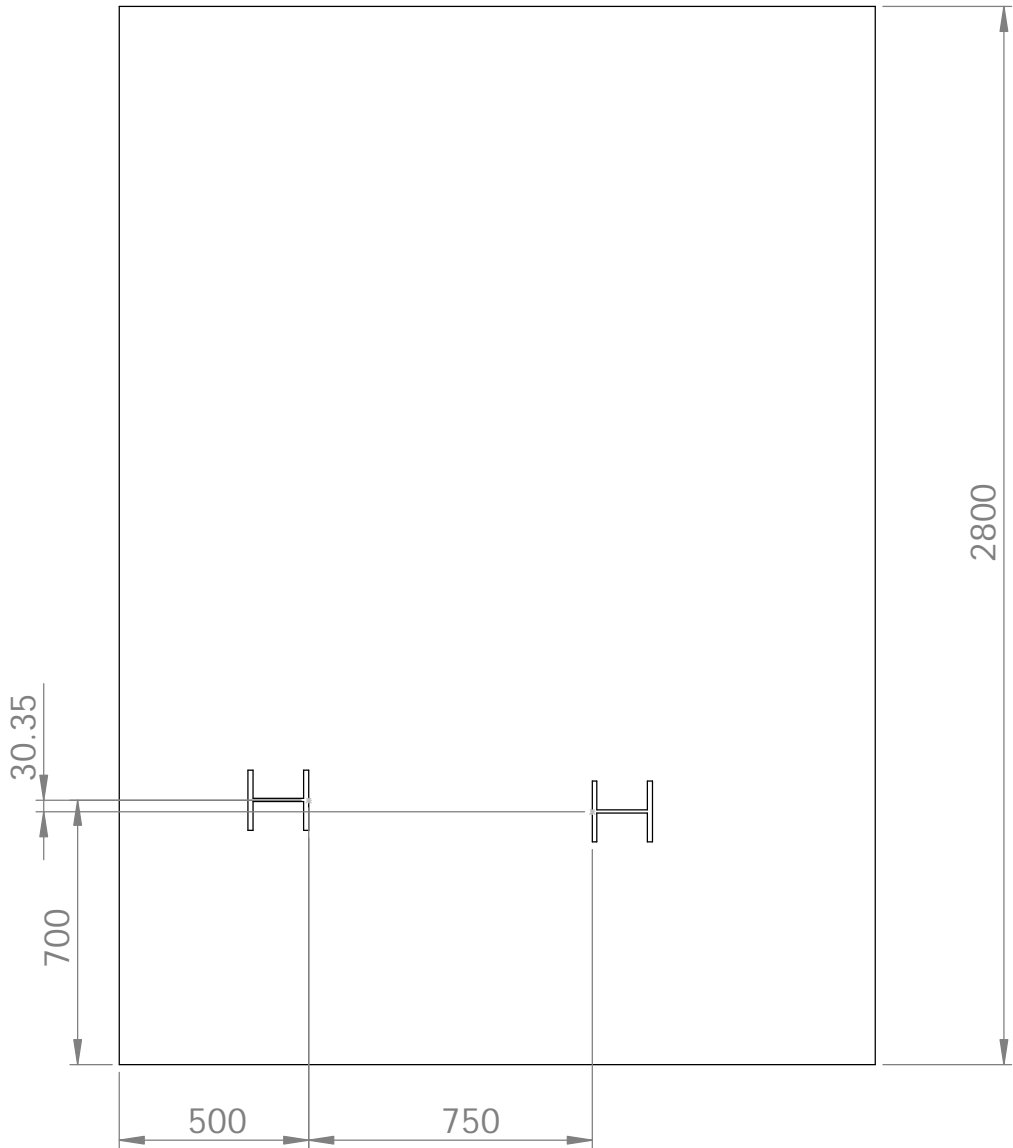
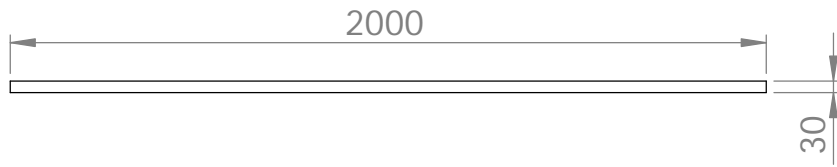
N.º DE DIBUJO
BASE PRINCIPAL

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 3 DE 4



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero A36

N.º DE DIBUJO

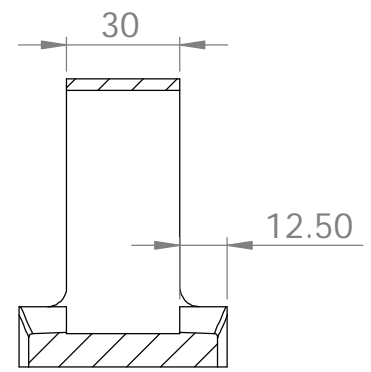
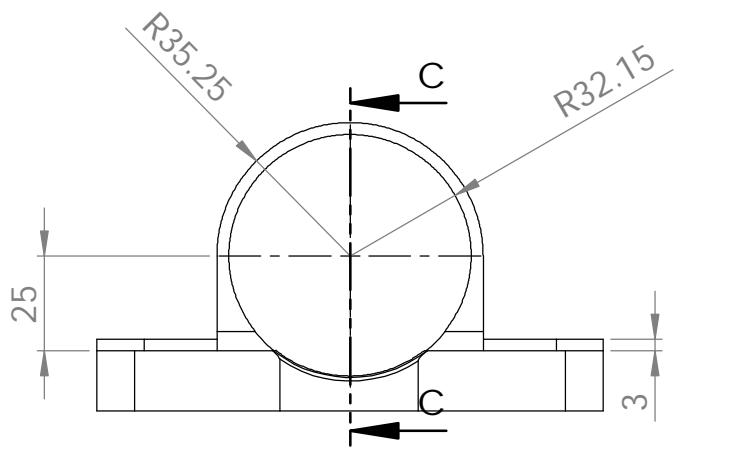
BASE PRINCIPAL

A4

FECHA: 22/08/2017

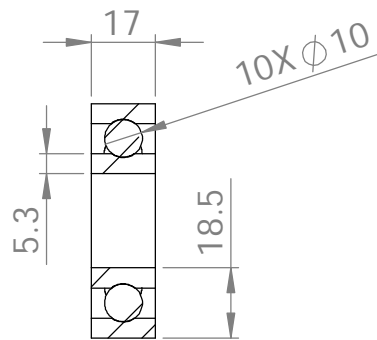
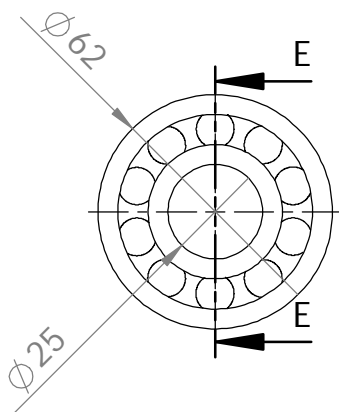
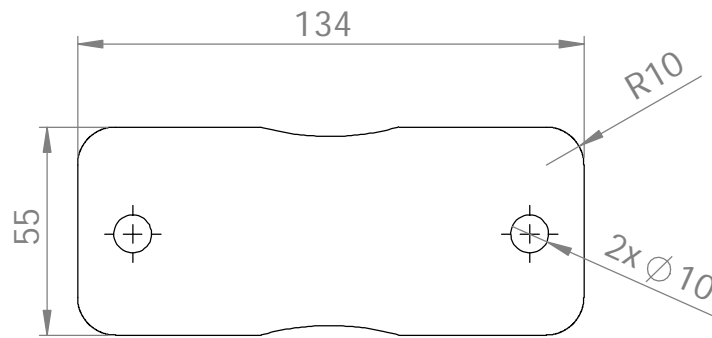
ESCALA:1:5

HOJA 4 DE 4

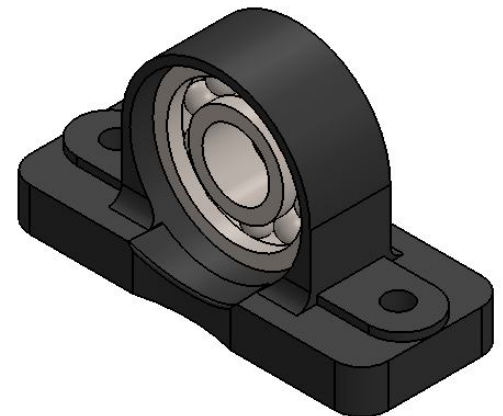


SECCIÓN C-C

ESCALA 1 : 2



SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 2



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Chumacera:
Hierro Ductil
Rodamiento:
Acero

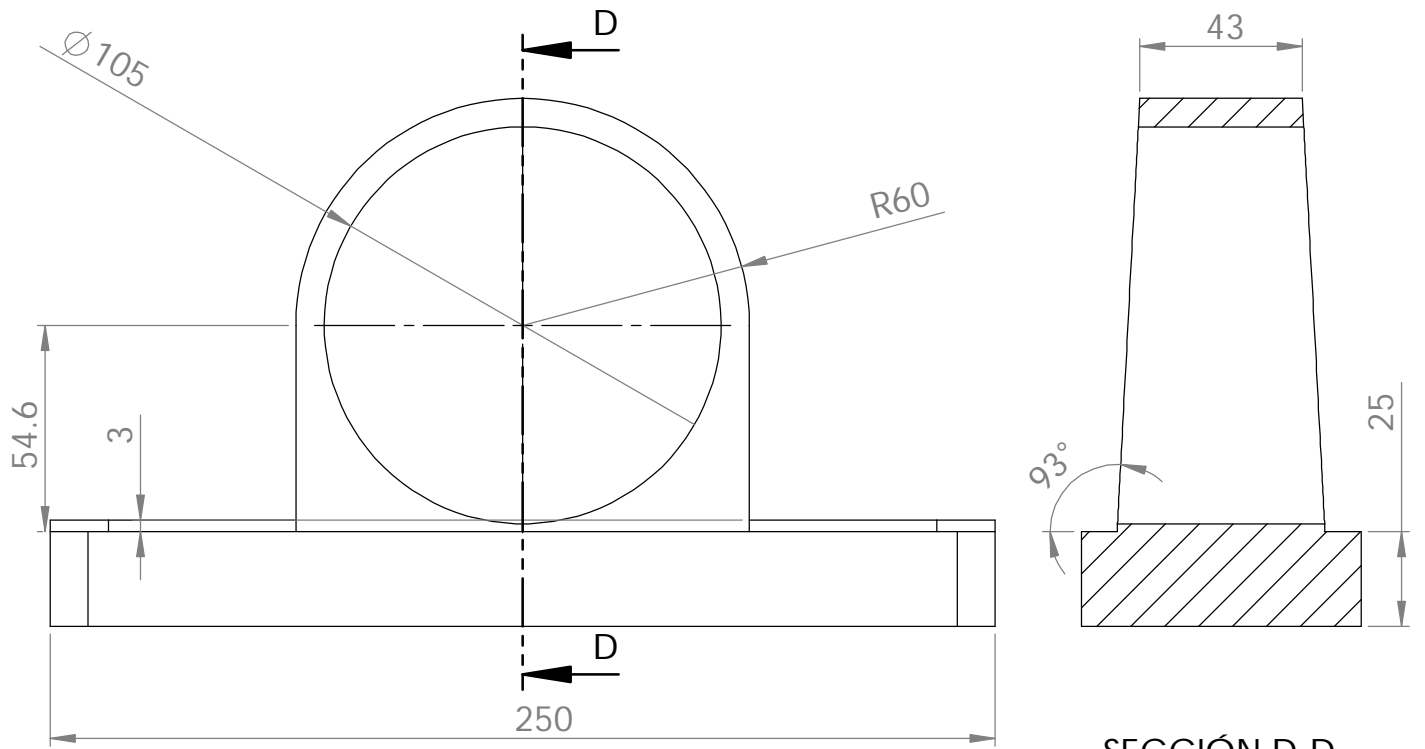
N.º DE DIBUJO
Chumacera y rodamiento de 25mm

A4

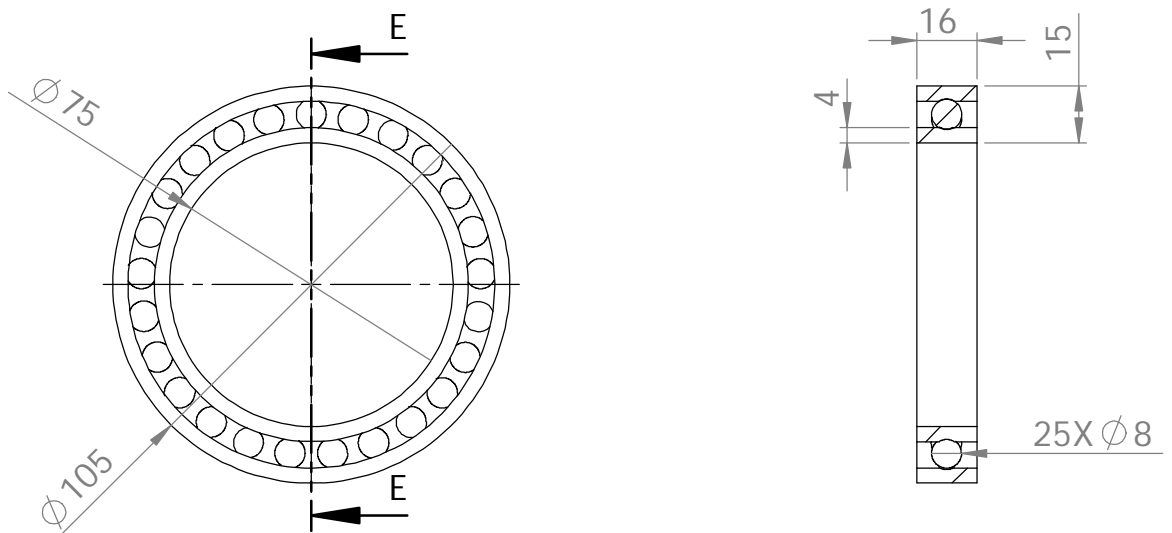
FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 2



SECCIÓN D-D
ESCALA 1 : 2



SECCIÓN E-E
ESCALA 1 : 2

TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Chumacera:
Hierro Ductil
Rodamiento:
Acero

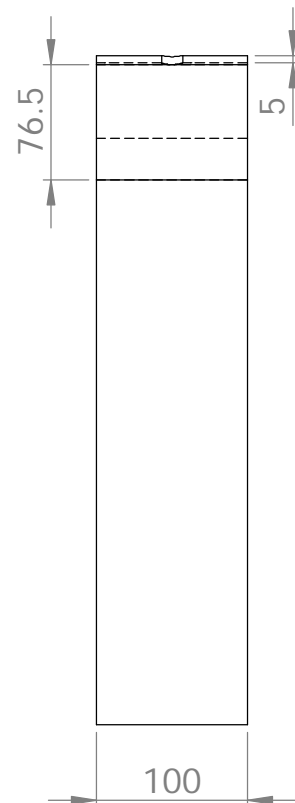
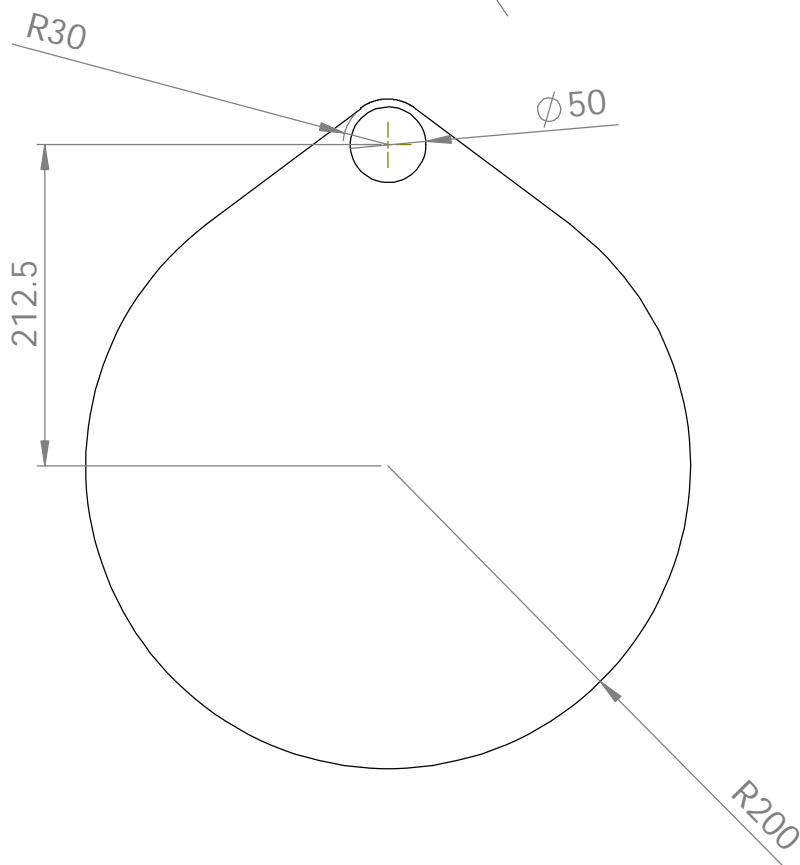
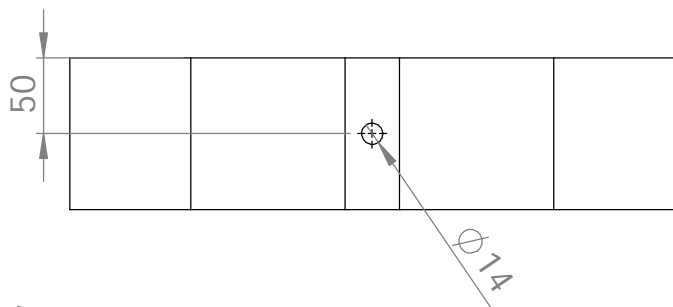
N.º DE DIBUJO
Chumacera y Rodamiento 75mm

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:2

HOJA 2 DE 2



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero
1020

N.º DE DIBUJO

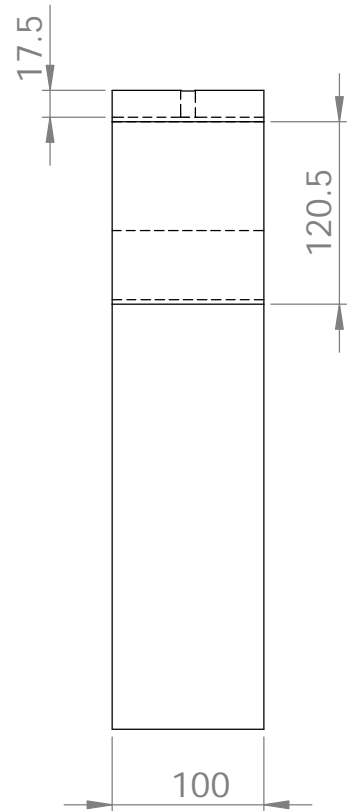
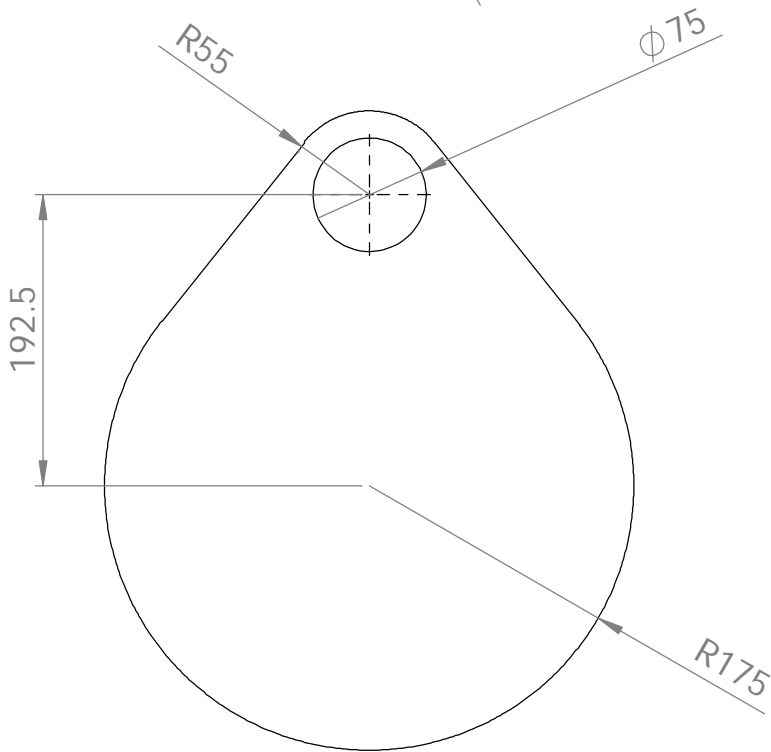
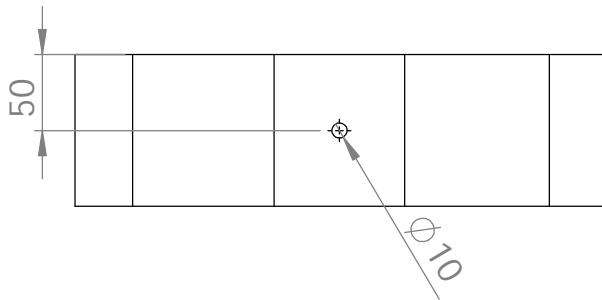
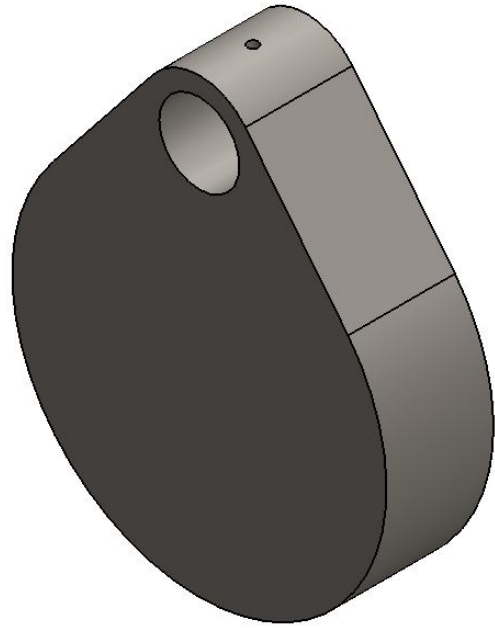
Contrapeso Balancin

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero
1020

N.º DE DIBUJO

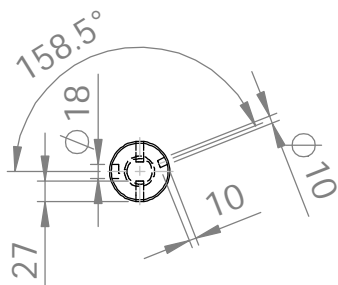
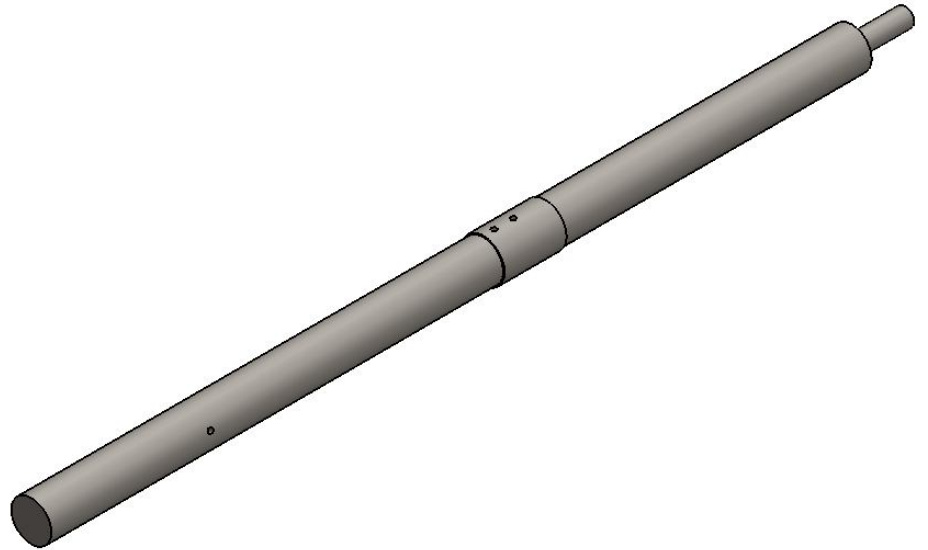
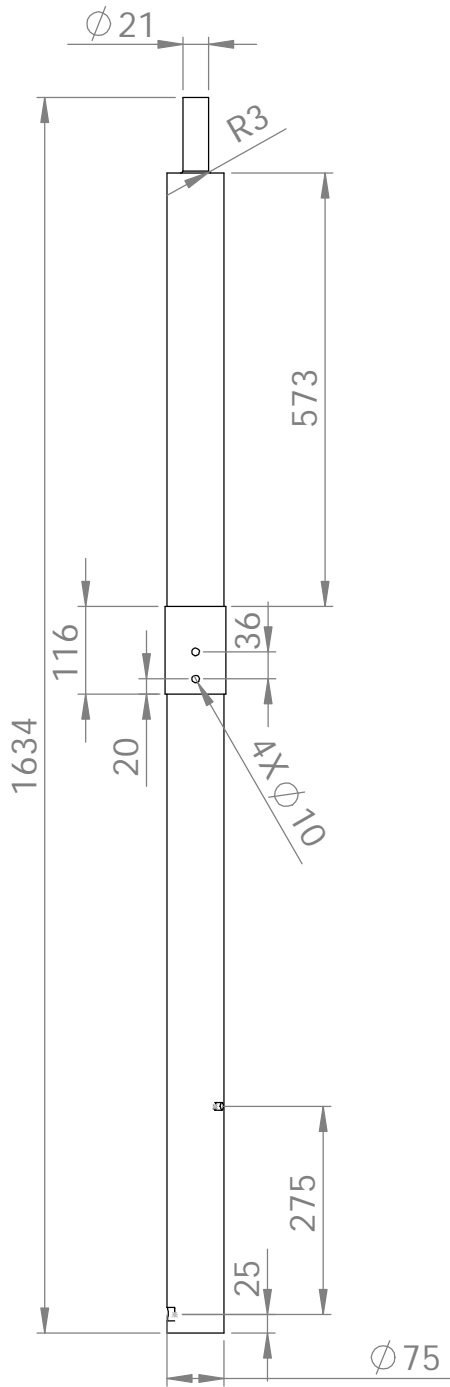
Contrapeso Manivela

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL: Acero
Transmisión

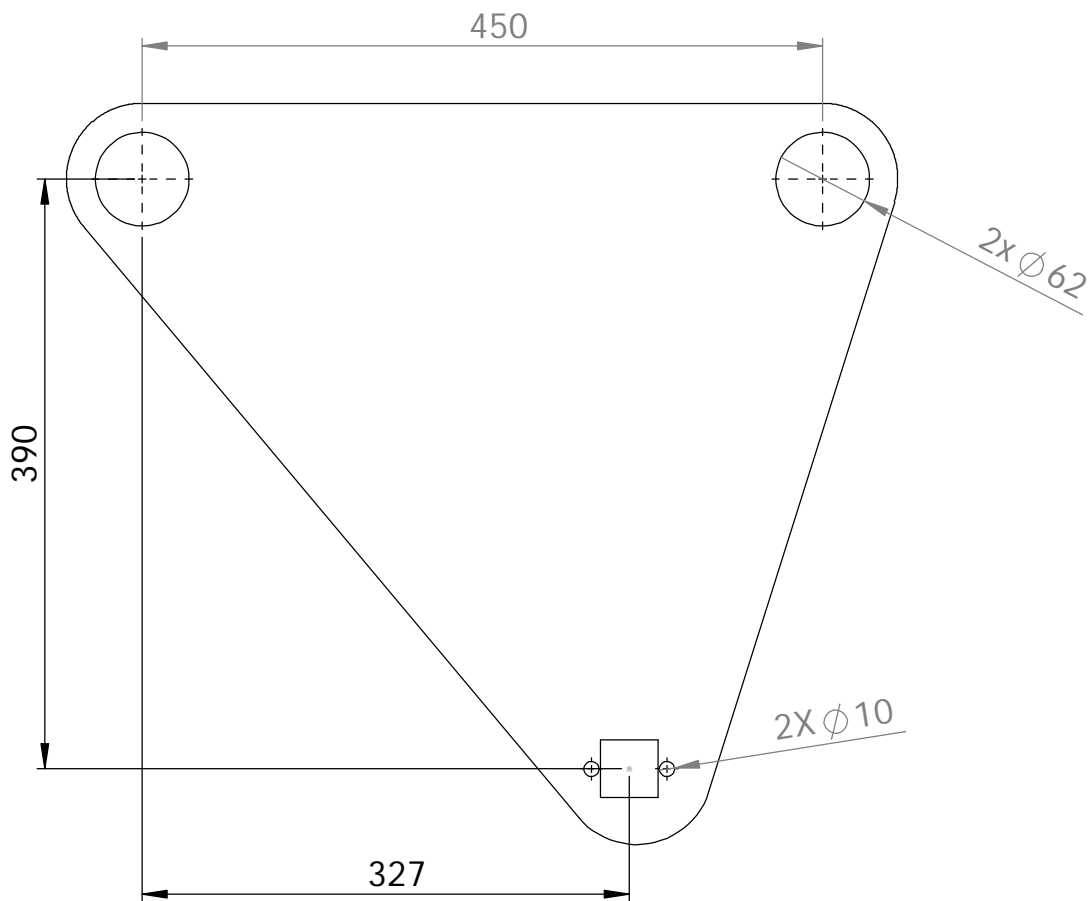
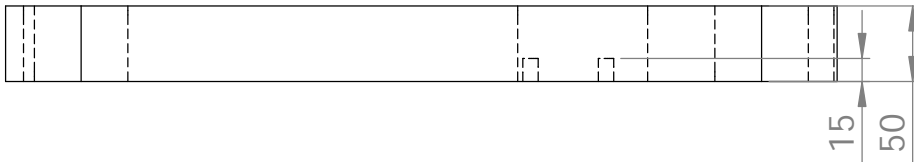
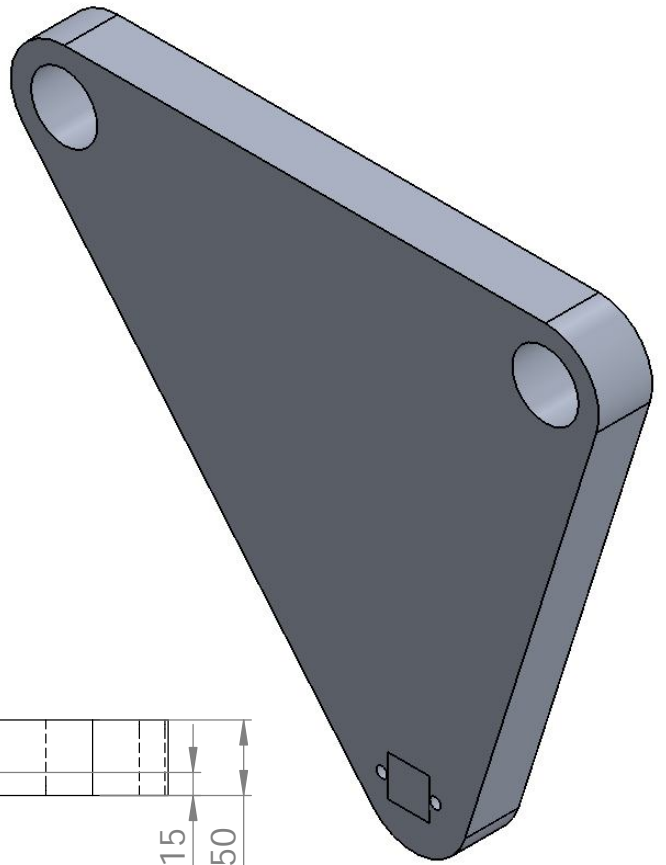
N.º DE DIBUJO Eje Motriz

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA: 1:10

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Aluminio
6063

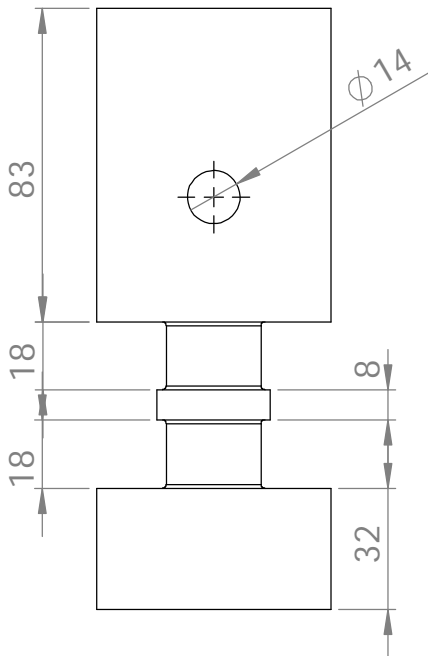
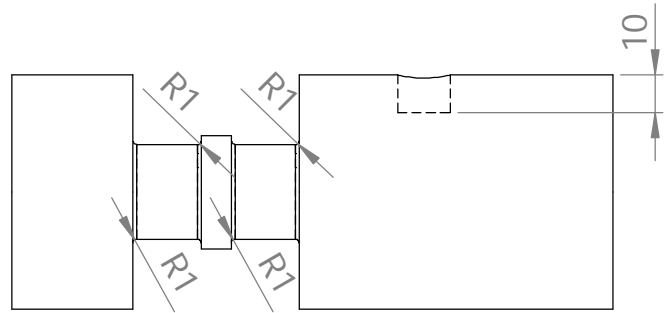
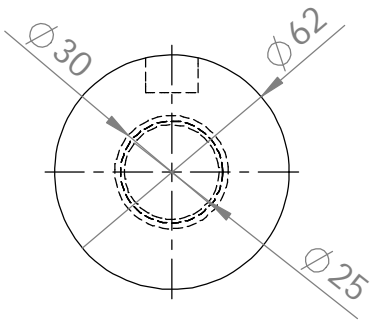
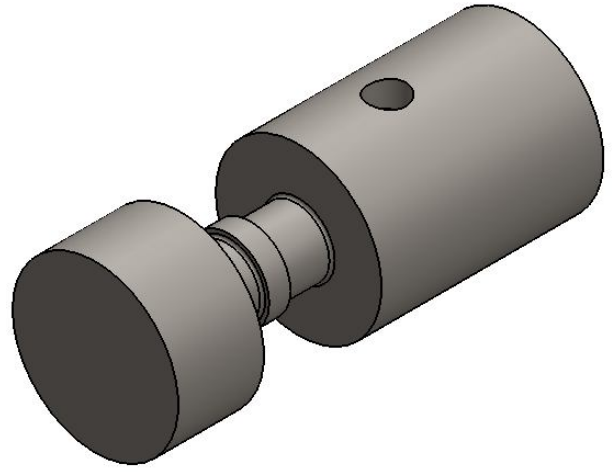
N.º DE DIBUJO
Eslabon Triangular

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:5

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero
Transmisión

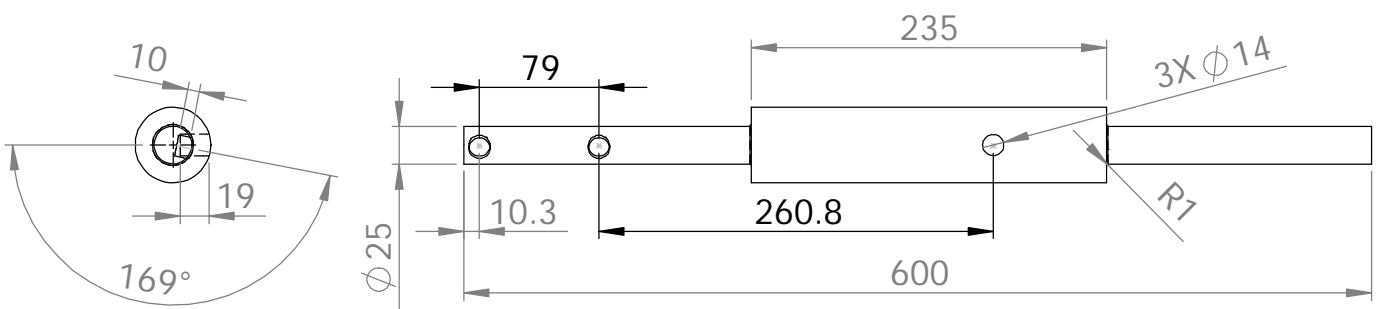
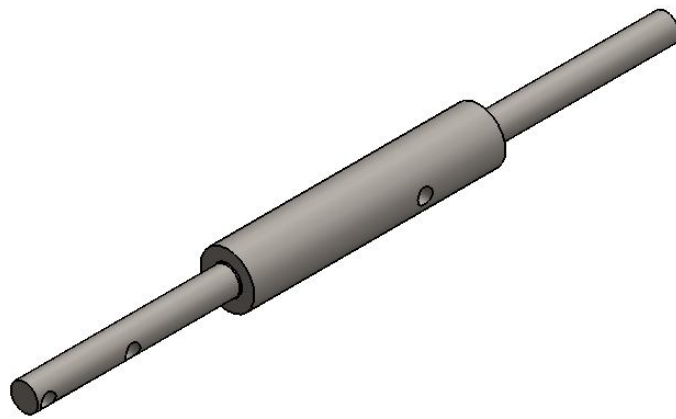
N.º DE DIBUJO
Pasador de union balacin y biela

A4

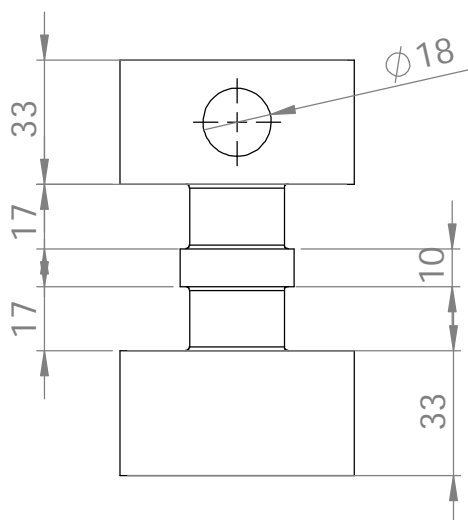
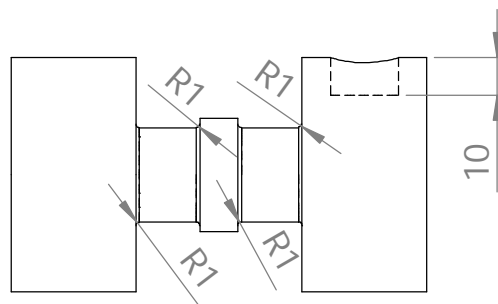
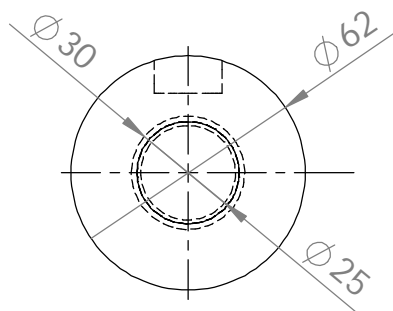
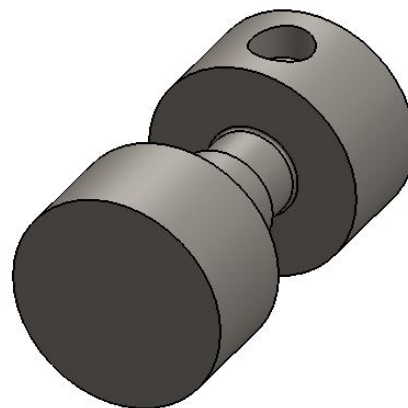
FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante			
NOMBRE: Maria Martinez Hugo Quezada	MATERIAL: Acero Transmisión	N.º DE DIBUJO Pasador Balancin	A4
FECHA: 22/08/2017		ESCALA: 1:10	HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero
Transmisión

N.º DE DIBUJO
Pasador Manevela y biela

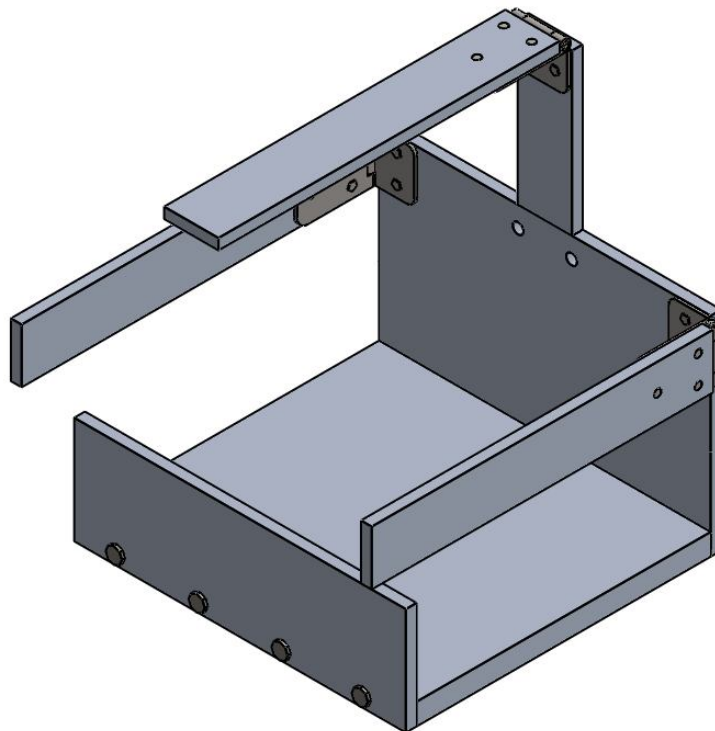
A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:2

HOJA 1 DE 1

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE 1	SOPORTE CANECA	1
2	BASE 2	BASE HORIZONTAL POSTERIOR	1
3	BASE 3	BASE HORIZONTAL FRONTAL	1
4	BASE 4	BARRA VERTICAL	1
5	BASE 5	BARRA HORIZONTAL	3
6	bisagra 1	BISAGRA DOBLE ORIFICIO	3
7	bisagra 2	BISAGRA TRIPLE ORIFICIO	3
8	bisagra 3	PASADOR DE BISAGRA	3
9	TORNILLO	TORNILLOS DE BISAGRA	15
10	M8	PERNO DE FIJACIÓN	8



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Aluminio
6063

N.º DE DIBUJO

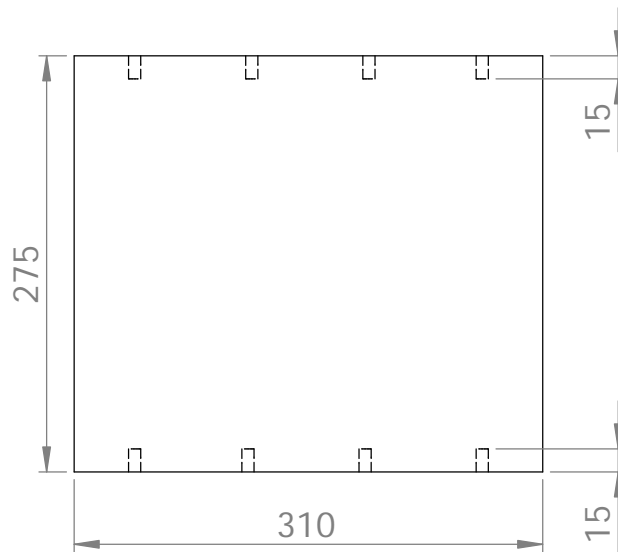
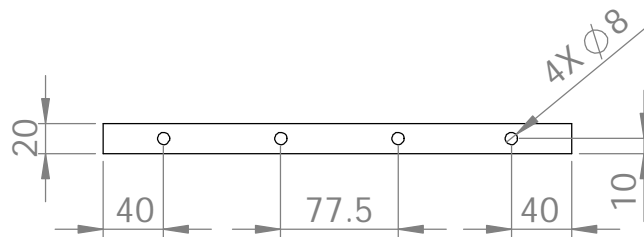
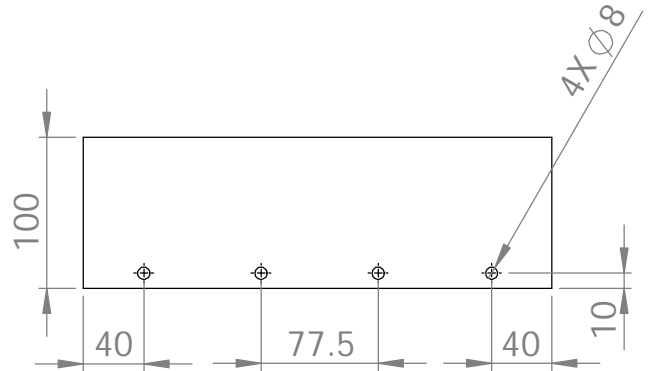
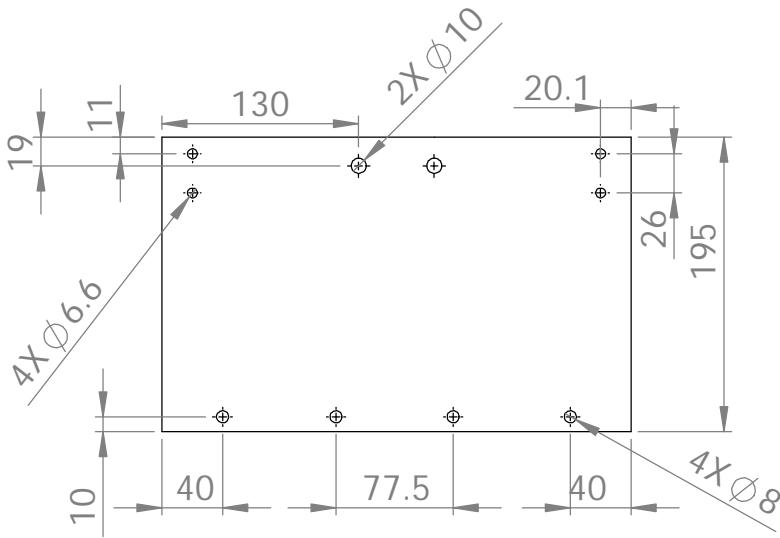
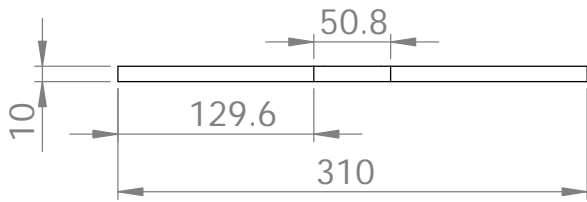
Soporte Caneca

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:10

HOJA 1 DE 3



TÍTULO:

Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Aluminio
6063

N.º DE DIBUJO

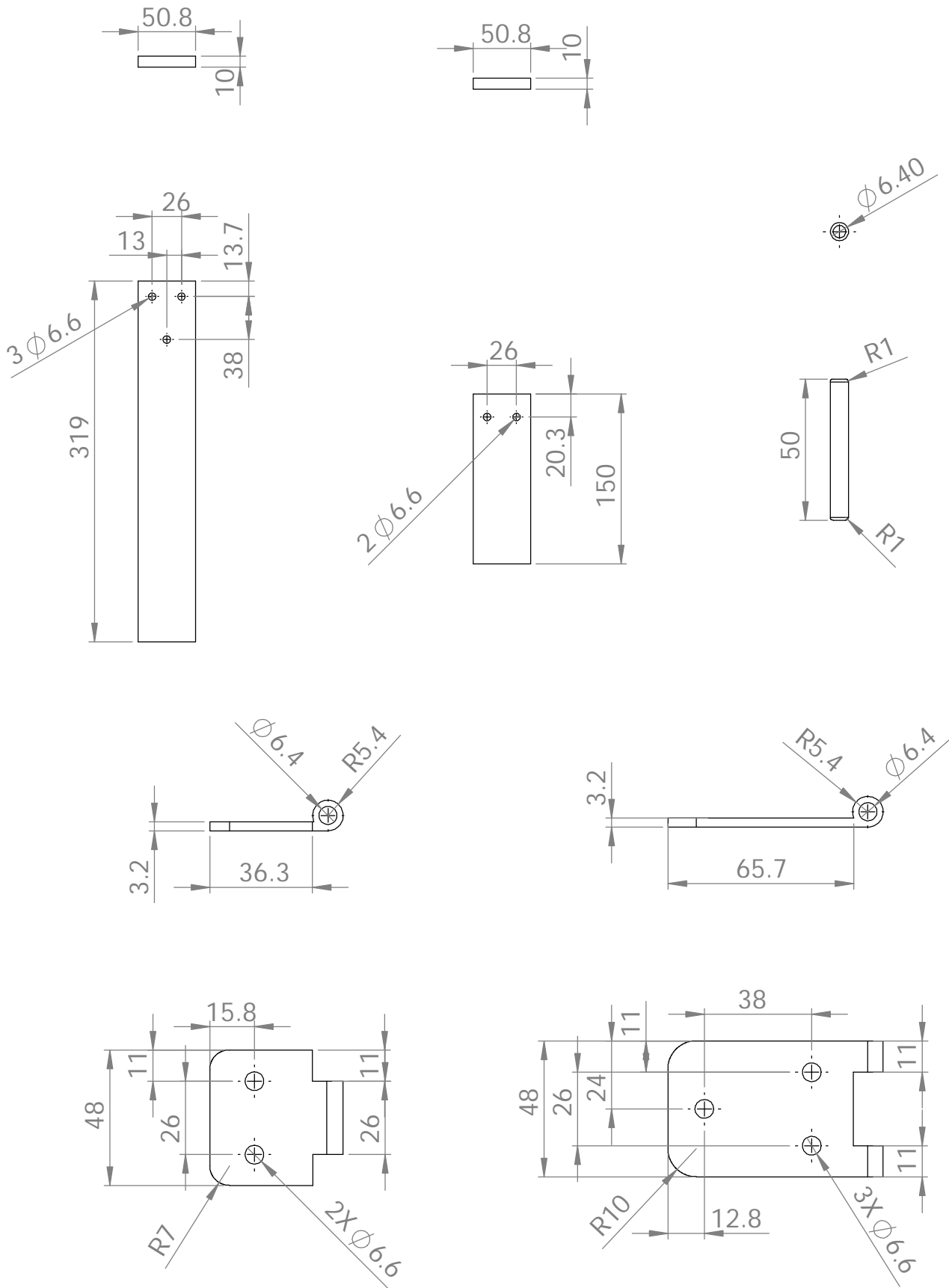
Soporte Caneca

A4

FECHA:
22/08/2017

ESCALA: 1:10

HOJA 2 DE 3



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Barras: Aluminio
6063
Bisagra: AISI 304

N.º DE DIBUJO

Soporte Caneca

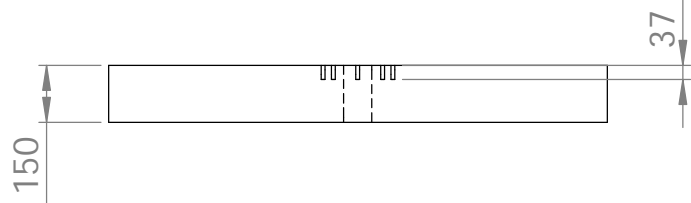
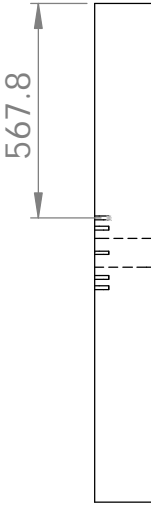
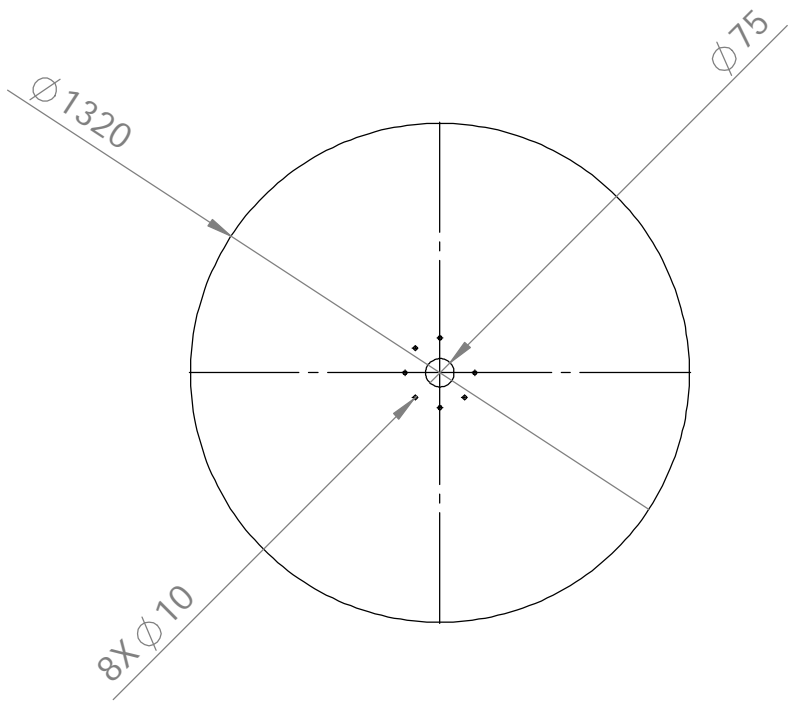
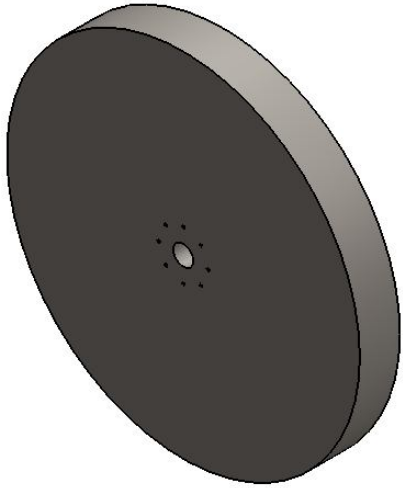
A4

FECHA: 22/08/2017

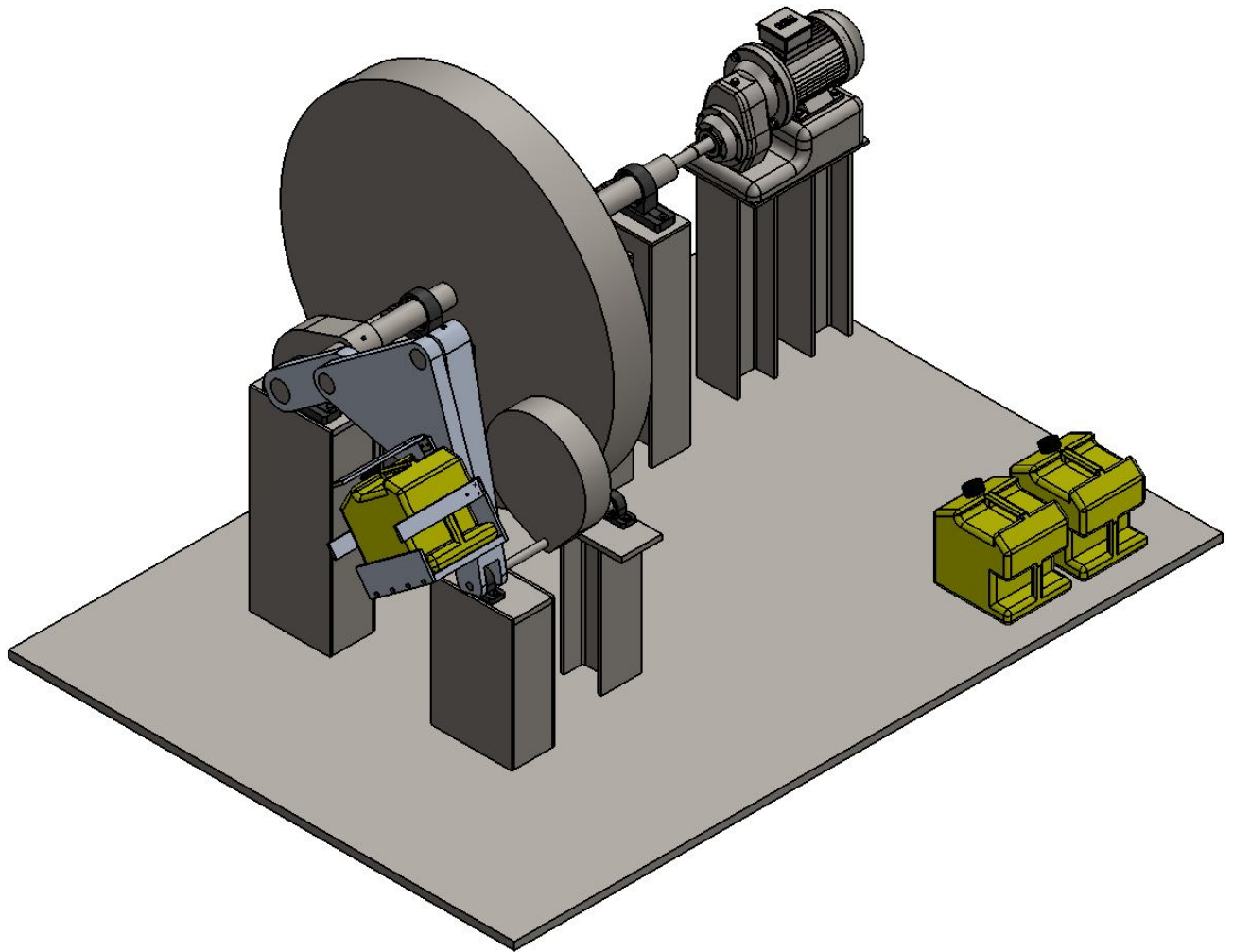
ESCALA BISAGRA: 1:10

ESCALA BARRAS: 1:5

HOJA 3 DE 3



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburante			
NOMBRE: Maria Martinez Hugo Quezada	MATERIAL: Acero 1020	N.º DE DIBUJO Volante	A4
FECHA: 22/08/2017		ESCALA: 1:20	HOJA 1 DE 1



TÍTULO: Máquina Mezcladora diesel, gasolina y bicarburente

NOMBRE: Maria Martinez
Hugo Quezada

MATERIAL:
Acero,
Aluminio

N.º DE DIBUJO

Maquina Mezcladora

A4

FECHA: 22/08/2017

ESCALA:1:20

HOJA 1 DE 2

N.º DE ELEMENTO	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	BASE PRINCIPAL	BASE CUADRADA	1
2	BARRA 30X380X750	BARRA HORIZONTAL	2
3	VIGAS 700 HEB160	VIGA HEB	2
4	BASE 160X320X30	BASE DE PUNTO FIJO A	1
5	EJE MOTRIZ	EJE MOTRIZ DE ACERO DE TRANSMISIÓN	1
6	CONTRAPESO	CONTRAPESO MANIVELA	1
7	BARRA 10X300X150		3
8	BASE DEL MOTOR	BASE MOTOR REDUCTOR	1
9	Motor_1	MOTOR 5HP	1
10	Eje Salida	EJE DE SALIDA DEL MOTOR	1
11	M18	PERNO DE FIJACIÓN MANIVELA	1
12	RODAMIENTO	RODAMIENTO 25 MM	6
13	M18	PERNO DE FIJACION 2 MANIVELA	1
14	M10	PERNO FIJACION CONTRAPESO MANIVELA	1
15	M14	PERNO CHUMACERA DE 75MM	8
16	RODAMIENTO	RODAMIENTO 75 MM	4
17	brazo AC	MANIVELA	1
18	VIGA HEB MOTOR	SOPORTE MOTOR	2
19	PASADOR 2-3	PASADOR MANIVELA BIELA	1
20	brazo BD	BALANCIN	1
21	brazo CD	BIELA TRIANGULAR	1
22	CHUMACERA	CHUMACERA DE 25MM	2
23	CONTRAPESO	CONTRAPESO BALANCIN	1
24	M14	PERNO DE FIJACION BALANCIN	1
25	M14	PERNO FIJACION BALANCIN 2	1
26	PASADOR 3-4	PASADOR BIELA BALANCIN	1
27	PASADOR DE BD	PASADOR BALANCIN INFERIOR	1
28	VIGAS HEB160	VIGA HEB	3
29	BASE 160X320X30	BASE DE PUNTO FIJO B	2
30	BARRA 320X10X515	BARRA HORIZONTAL	2
31	M10	PERNO CHUMACERA 25 MM	4
32	BASE 1	SOPORTE CANECA	1
33	BASE 2	BASE HORIZONTAL POSTERIOR	1
34	BASE 3	BASE HORIZONTAL FRONTAL	1
35	BASE 4	BARRA VERTICAL	1
36	BASE 5	BARRA HORIZONTAL	3
37	bisagra 1	BISAGRA DOBLE ORIFICIO	3
38	bisagra 2	BISAGRA TRIPLE ORIFICIO	3
39	bisagra 3	PASADOR DE BISAGRA	3
40	TORNILLO	TORNILLOS DE BISAGRA	15
41	M8	PERNO DE FIJACIÓN	8
42	ANILLO DE FIJACION	ANILLO FIJACION VOLANTE	1
43	VOLANTE MAQUINA	VOLANTE MECACINO	1
44	PERNO ANILLO	PERNO FIJACION ANILLO VOLANTE	12
45	M14 CONTRAPESO	PERNO FIJACION CONTRAPESO BALANCIN	1
46	PERNO SOPORTE	PERNO FIJACION SOPORTE CANECA	2
47	caneca	CANECA DE COMBUSTIBLE	3

APÉNDICE B

Códigos Software Matlab

Trayectoria

```
clc
figure
r1=1.25;
r2=0.500;
r3=0.750;
r4=1.250;
r5=sqrt(0.545^2+0.650^2);%longitud desde r2 hasta centro de masa de la caneca
r6=sqrt((0.65/3).^2+((0.545+0.750)/3).^2);%centro de masa de barra 3
theta2=(0:2.*pi/150:2.*pi);%Particiones angulares
s=length(theta2);
re=zeros(s,1);%r1-r2=r3-r4
thetae=zeros(s,1);
theta4=zeros(s,1);
theta3=zeros(s,1);
theta5=zeros(s,1);
theta6=zeros(s,1);
rm=zeros(s,1);%centro de masa de caneca
thetam=zeros(s,1);
rc=zeros(s,1);%centro de masa r3
thetac=zeros(s,1);
X=zeros(s,1);
Y=zeros(s,1);
n=pi/(100.*(115/35)); %
m=pi/(100.*(115/35)); %
for i=1:1:s
re(i,1)=sqrt(r1^2 - 2.*r1.*r2.*cos(theta2(1,i)) +r2^2);
thetae(i,1)=(asin((-r2.*sin(theta2(1,i)))./re(i,1)));
theta4(i,1)=(acos(((r3^2-r4^2)-(re(i,1).^2))/(2.*r4.*re(i,1)))+thetae(i,1)); %-acos
theta3(i,1)=asin((r4.*sin(theta4(i,1))+re(i,1).*sin(thetae(i,1)))/r3);
```

```
X4(i,1)=r4.*cos(theta4(i,1))+r1; %rojo
```

```
Y4(i,1)=r4.*sin(theta4(i,1));
```

```
X2(i,1)=r2.*cos(theta2(1,i));
```

```
Y2(i,1)=r2.*sin(theta2(1,i));
```

```
if X4(i,1) < X2(i,1)
```

```
    theta3(i,1)=pi-asin((r4.*sin(theta4(i,1))+re(i,1).*sin(thetae(i,1)))/r3);
```

```
end
```

```
theta5(i,1)=theta3(i,1)+310.*pi/180;%caneca
```

```
rm(i,1)=sqrt(r2^2+r5^2+2.*r2.*r5.*(cos(theta2(1,i)).*cos(theta5(i,1))+sin(theta2(1,i)).*sin(theta5(i,1))));
```

```
thetam(i,1)=asin((r2.*sin(theta2(1,i))+r5.*sin(theta5(i,1)))/rm(i,1));
```

```
theta6(i,1)=theta3(i,1)+333.*pi/180;%centro de masa de r3
```

```
rc(i,1)=sqrt(r2^2+r6^2+2.*r2.*r6.*(cos(theta2(1,i)).*cos(theta6(i,1))+sin(theta2(1,i)).*sin(theta6(i,1))));
```

```
J=r2.*cos(theta2(1,i))+r6.*cos(theta6(i,1));
```

```
if J < 0
```

```
rc(i,1)=-
```

```
sqrt(r2^2+r6^2+2.*r2.*r6.*(cos(theta2(1,i)).*cos(theta6(i,1))+sin(theta2(1,i)).*sin(theta6(i,1))));
```

```
end
```

```
thetac(i,1)=asin((r2.*sin(theta2(1,i))+r6.*sin(theta6(i,1)))/rc(i,1));
```

```
X(i,1)=rm(i,1).*cos(thetam(i,1));
```

```
Y(i,1)=rm(i,1).*sin(thetam(i,1));%Azul
```

```
X0(i,1)=rc(i,1).*cos(thetac(i,1));%verde centro de masa de barra 3
```

```
Y0(i,1)=rc(i,1).*sin(thetac(i,1));
```

```
end
```

```
hold off
```

```
plot(X,Y)
```

```
xlabel('Eje X');
```

```

ylabel('Eje Y')
hold on
grid on
plot(X4,Y4,'r')
hold on
plot(X2,Y2,'r')
hold on
plot(X0,Y0,'g')

```

Velocidad

```

clc
figure
w2=10.*2.*pi/60;%velocidad angular de manivela
v2=w2.*r2;
ve=zeros(s,1);
we=zeros(s,1);
w3=zeros(s,1);
w4=zeros(s,1);
v4=zeros(s,1);
vm=zeros(s,1);
wm=zeros(s,1);
vc=zeros(s,1);
wc=zeros(s,1);
w3deg=zeros(s,1);
w4deg=zeros(s,1);
wmdeg=zeros(s,1);
wcdeg=zeros(s,1);
t=zeros(s,1);
for i=1:1:s
    ve(i,1)=(r2.*r1.*w2.*sin(theta2(1,i)))/re(i,1);
    we(i,1)=(r2.*ve(i,1).*sin(theta2(1,i))-
r2.*re(i,1).*w2.*cos(theta2(1,i)))/((re(i,1)^2).*sqrt(1-((r2.*sin(theta2(1,i)))/re(i,1))^2));

```

```

w3(i,1)=we(i,1)-((4.*(re(i,1)^2).*r3.*ve(i,1)-(re(i,1)^2+r3^2-
r4^2).*(2.*ve(i,1).*r3))/((2.*re(i,1).*r3)^2.*sqrt(1-((re(i,1)^2+r3^2-
r4^2)/(2.*re(i,1).*r3))^2)));
w4(i,1)=we(i,1)-((-4.*(re(i,1)^2).*r4.*ve(i,1)-(-re(i,1)^2+r3^2-
r4^2).*(2.*ve(i,1).*r4))/((2.*re(i,1).*r4)^2.*sqrt(1-((-re(i,1)^2+r3^2-
r4^2)/(2.*re(i,1).*r4))^2)));
v4(i,1)=r4.*w4(i,1);
vm(i,1)=r2.*r5.*(-sin(-theta2(1,i)+theta5(i,1))).*(-w2+w3(i,1))/rm(i,1);
wm(i,1)=(r2.*sin(theta2(1,i)).*w2+r5.*cos(theta3(i,1)-310.*pi/180).*w3(i,1)-
vm(i,1).*sin(thetam(i,1)))/(rm(i,1).*cos(thetam(i,1))));
vc(i,1)=r2.*r6.*(-sin(theta2(1,i)-(theta3(i,1)+334.*pi/180))).*(w2-w3(i,1))/rc(i,1);
wc(i,1)=(r2.*sin(theta2(1,i)).*w2+r6.*cos(theta3(i,1)-334.*pi/180).*w3(i,1)-
vm(i,1).*sin(thetam(i,1)))/(rm(i,1).*cos(thetam(i,1))));
t(i,1)=theta2(1,i)/w2;
w3deg(i,1)=w3(i,1).*180/pi;
w4deg(i,1)=w4(i,1).*180/pi;
wmdeg(i,1)=wm(i,1).*180/pi;
wcdeg(i,1)=wc(i,1).*180/pi;

end
hold off
subplot(4,2,1),plot(t,w3deg,'r'),title('Velocidad angular vs Tiempo - W3');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad angular (deg/seg)');
hold on
grid on
subplot(4,2,2),plot(t,v4),title('Velocidad vs Tiempo - V4');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad (m/seg)');
hold on
grid on
subplot(4,2,3),plot(t,w4,'r'),title('Velocidad angular vs Tiempo - W4');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad angular (deg/seg)');

```

```

hold on
grid on
subplot(4,2,4),plot(t,vm),title('Velocidad vs Tiempo - Vm');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad (m/seg)');
hold on
grid on
subplot(4,2,5),plot(t,wm,'r'),title('Velocidad angular vs Tiempo - Wm');
xlabel('Angulo');
ylabel('Velocidad angular (deg/seg)');
hold on
grid on
subplot(4,2,6),plot(t,vc),title('Velocidad vs Tiempo - Vc');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad (m/seg)');
hold on
grid on
subplot(4,2,7),plot(t,wc,'r'),title('Velocidad angular vs Tiempo - Wc');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Velocidad angular (deg/seg)');
hold on
grid on

```

Aceleracion

```

clc
figure
a2=v2^2/r2;
alfa2=0;
ae=zeros(s,1);
alfae=zeros(s,1);
alfa3=zeros(s,1);
alfa4=zeros(s,1);
a4=zeros(s,1);
am=zeros(s,1);

```

```

alfam=zeros(s,1);
ac=zeros(s,1);
alfac=zeros(s,1);
alfa3deg=zeros(s,1);
alfa4deg=zeros(s,1);
alfamdeg=zeros(s,1);
alfacdeg=zeros(s,1);

```

```

for i=1:1:s

```

```

    ae(i,1)=((r2.*r1.*alfa2.*sin(theta2(1,i))+r2.*r1.*w2^2.*cos(theta2(1,i))).*re(i,1)-
r2.*r1.*w2.*sin(theta2(1,i)).*ve(i,1))/(re(i,1)^2);
    alfae(i,1)=(((r2.*ae(i,1).*sin(theta2(1,i)))+(r2.*ve(i,1).*w2.*cos(theta2(1,i)))-
((r2.*ve(i,1).*w2.*cos(theta2(1,i)))+(r2.*re(i,1).*alfa2.*cos(theta2(1,i)))-
(r2.*re(i,1).*w2.^2.*sin(theta2(1,i))))).*(re(i,1).^2.*sqrt(1-(r2.*sin(theta2(1,i))/re(i,1)).^2)-
(re(i,1).*ve(i,1).*cos(theta2(1,i)))-
r2.*re(i,1).*w2.*cos(theta2(1,i))).^2.*re(i,1).*ve(i,1).*(sqrt(1-
(r2.*sin(theta2(1,i))/re(i,1)).^2))+re(i,1).^2.*(0.5.*sqrt(1-(r2.*sin(theta2(1,i))/re(i,1)).^2).*(-
2.*(-r2.*sin(theta2(1,i))/re(i,1)).*(-r2.*w2.*cos(theta2(1,i)).*re(i,1)-
r2.*ve(i,1).*sin(theta2(1,i)))/(re(i,1).^2))))))/(re(i,1).^4.*(1-(r2.*sin(theta2(1,i)).^2)));
    alfa4(i,1)=(re(i,1).*alfae(i,1).*cos(thetae(i,1))+re(i,1).*we(i,1).^2.*sin(thetae(i,1))-
(re(i,1).*alfae(i,1).*sin(thetae(i,1))+re(i,1).*we(i,1).^2.*cos(thetae(i,1))).*atan(theta3(i,1)))+
(r3.*w3(i,1).^2.*cos(theta3(i,1)).^2)/(sin(theta3(i,1)))-
r4.*w4(i,1).^2.*cos(theta4(i,1)).*atan(theta3(i,1))-
r3.*w3(i,1).^2.*sin(theta3(i,1))+r4.*w4(i,1).^2.*sin(theta4(i,1)))/(r4.*sin(theta4(i,1)).*atan(t
heta3(i,1))-r4.*cos(theta4(i,1))));
    alfa3(i,1)=(re(i,1).*alfae(i,1).*sin(thetae(i,1))+re(i,1).*we(i,1).^2.*cos(thetae(i,1))-
r3.*w3(i,1).^2.*cos(theta3(i,1))+r4.*alfa4(i,1).*sin(theta4(i,1))+r4.*w4(i,1).^2.*cos(theta4(i
,1)))/(r3.*sin(theta3(i,1))));
    a4(i,1)=v4(i,1)^2/r4;
    am(i,1)=r2.*r5.*(-cos(theta2(1,i)-theta5(i,1)).*((w2-w3(i,1))^2)+(alfa2-alfa3(i,1)).*(-
sin(theta2(1,i)-theta5(i,1))));
    alfam(i,1)=(((((-r2.*w2.^2.*sin(theta2(1,i))+r5.*alfa3(i,1).*cos(theta5(i,1)))-
r5.*w3(i,1).^2.*sin(theta5(i,1))).*rm(i,1)+(r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r5.*w3(i,1).*cos(theta5(

```

```

i,1))).*vm(i,1)-
am(i,1).*(r2.*sin(theta2(1,i))+r5.*sin(theta5(i,1)))+vm(i,1).*(r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r5.*w
3(i,1).*cos(theta5(i,1))).*rm(i,1)+vm(i,1).*2.*rm(i,1).*((r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r5.*w3(i,1
)).*cos(theta5(i,1))).*rm(i,1)-
vm(i,1).*(r2.*sin(theta2(1,i))+r5.*sin(theta5(i,1))))/(rm(i,1).^4)+((wm(i,1).^2).*sin(thetam(i
,1)))/cos(thetam(i,1)));

```

```

ac(i,1)=r2.*r6.*(-cos(theta2(1,i)-theta6(i,1)).*((w2-w3(i,1)).^2)+(alfa2-alfa3(i,1)).*(-
sin(theta2(1,i)-theta6(i,1))));

```

```

alfac(i,1)=(((r2.*w2.^2.*sin(theta2(1,i))+r6.*alfa3(i,1).*cos(theta6(i,1)))-
r6.*w3(i,1).^2.*sin(theta6(i,1))).*rc(i,1)+(r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r6.*w3(i,1).*cos(theta6(i
,1))).*vc(i,1)-

```

```

ac(i,1).*(r2.*sin(theta2(1,i))+r6.*sin(theta6(i,1)))+vc(i,1).*(r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r6.*w3
(i,1).*cos(theta6(i,1))).*rc(i,1)+vc(i,1).*2.*rc(i,1).*((r2.*w2.*cos(theta2(1,i))+r6.*w3(i,1).*c
os(theta6(i,1))).*rc(i,1)-
vc(i,1).*(r2.*sin(theta2(1,i))+r6.*sin(theta6(i,1))))/(rc(i,1).^4)+((wc(i,1).^2).*sin(thetac(i,1)
)))/cos(thetac(i,1)));

```

```

alfa3deg(i,1)=alfa3(i,1).*180/pi;

```

```

alfa4deg(i,1)=alfa4(i,1).*180/pi;

```

```

alfamdeg(i,1)=alfam(i,1).*180/pi;

```

```

alfacdeg(i,1)=alfac(i,1).*180/pi;

```

```

end

```

```

hold off

```

```

subplot(4,2,2),plot(t,alfa3deg,'r'),title('Aceleracion angular vs Tiempo - Alfa3');

```

```

xlabel('Tiempo (seg)');

```

```

ylabel('Aceleracion angular (deg/seg^2)');

```

```

hold on

```

```

grid on

```

```

subplot(4,2,3),plot(t,a4),title('Aceleracion tangencial vs Tiempo - a4');

```

```

xlabel('Tiempo (seg)');

```

```

ylabel('Aceleracion (m/seg^2)');

```

```

hold on

```

```

grid on

```

```

subplot(4,2,4),plot(t,alfa4deg,'r'),title('Aceleracion angular vs Tiempo - Alfa4');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Aceleracion angular (deg/seg^2)');
hold on
grid on
subplot(4,2,5),plot(t,am),title('Aceleracion tangencial vs Tiempo - am');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Aceleracion (m/seg^2)');
hold on
grid on
subplot(4,2,6),plot(t,alfamdeg,'r'),title('Aceleracion angular vs Tiempo - Alfam');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Aceleracion angular (deg/seg^2)');
hold on
grid on
subplot(4,2,7),plot(t,ac),title('Aceleracion tangencial vs Tiempo - ac');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Aceleracion (m/seg^2)');
hold on
grid on
subplot(4,2,8),plot(t,alfacdeg,'r'),title('Aceleracion angular vs Tiempo - Alfac');
xlabel('Tiempo (seg)');
ylabel('Aceleracion angular (deg/seg^2)');
hold on
grid on

```

Momento

```

clc
theta2=(0:pi/75:2*pi);%Particiones angulares
s=length(theta2);
r2=0.3;
M=zeros(s,1);
W2=8.*9.8;

```



```

for i=1:s
    M(i,1)=r2.*(-Fx(i,1)).*sin(theta2(1,i))+r2.*(-Fy(i,1)).*cos(theta2(1,i))-
W2.*r2.*cos(theta2(1,i))/2;%-820.*(0.175).*cos(theta2(1,i));%[con contrapeso]
end
figure
hold off
plot(theta2,M),title('Momento vs Angulo');
grid on
hold on
xlabel('Angulo (rad)');
ylabel('Momento (Nm)')

```

Volante

```

clc
figure()
theta2=(0:pi/75:2*pi);%Particiones angulares
s=length(theta2);
theta2a=zeros(s,1);
for i=1:s
    theta2a(i,1)=theta2(1,i);
end
x=theta2a;
y=M;
fprintf('Polinomio aproximado')
n=7;
p=polyfit(x,y,n)
xp=0:0.04:2.*pi;
yp=polyval(p,xp);
plot(x,y,'ro')
hold on
plot(xp,yp,'b','linewidth',2),title('Momento vs Angulo');
grid on
hold on
xlabel('Angulo (rad)');

```

```

ylabel('Momento (Nm)')
for i=1:158
    yp1(i,1)=yp(1,i);
end
grid on
%integral
Mprom=313;
fun = @(x) p(1,1).*x.^n+p(1,2).*x.^(n-1)+p(1,3).*x.^(n-2)+p(1,4).*x.^(n-3)+p(1,5).*x.^(n-4)+p(1,6).*x.^(n-5)+p(1,7).*x.^(n-6)+p(1,8)-Mprom.*x.^0;
a=0;
b=1.88;
c=5.44;
d=2.*pi;

k=0.05; %coeficiente de amortiguamiento
f1=(integral(fun,a,b))+abs(integral(fun,c,d))
ls=abs(f1/(k.*(10.*2.*pi/60)^2))

r2= 0.037; %radio interior asumido en m
L=0.15; %espesor en m
ro=7860; %densidad en kg/m^3
r1=((2.*(ls))/(L.*ro.*pi)+r2^4)^(1/4)
m=pi.*(r1.^2-r2.^2).*L.*ro

```

APÉNDICE C

Cotizaciones



MAQUINARIAS HENRIQUES CA

Somos Contribuyentes Especiales
Resolucion No. 6925

GUAYAQUIL, 15 DE AGOSTO DE 2017

Cotizacion No.: COT-00249097-1

Condiciones de pago :

Estimados Señores:

SR

Atencion:

Tenemos el agrado de presentar a ustedes nuestra cotización de mercaderías de acuerdo a sus requerimientos:

<u>CODIGO</u>	<u>DESCRIPCION</u>	<u>CANT.</u>	<u>PRECIO UNIT.</u>	<u>% DESC.</u>	<u>TOTAL</u>
MRSIP026	REDUCTOR ANGULAR MI150 A 60/1 PAM 28/250	1,00 UND	1.776,280		1.776,28
MEMTU234	M.MARATHON LVS 112M 5HP 1800RPM 220/440 PAM28/250 BRIDA	1,00 UND	336,930		336,93

Conjunto de ventas

Observaciones	SUBTOTAL \$	2.113,21
	% IVA	253,59
	TOTAL USD \$	2.366,80

Plazo Entrega : Inmediato salvo venta previa, una vez recibida su orden de compra

Validez de la Oferta: 7 días calendario.

Por favor no dude en contactarse con nuestro Dpto Tecnico o con personal de ventas si desea mas informacion.

Esperamos poder servirle pronto.

Atentamente,

ALMACEN PRINCIPAL

gprincipal@maquinarias-henriques.com

Transporte a ciudades fuera de Guayaquil y Quito corren por cuenta del Cliente. MHCA se hará responsable de la mercadería hasta entregarla al transportador, en adelante es responsabilidad del cliente

VENDEDOR : AP01

DIGITADOR bmuri

COTIZACION

000024254_049-1

Código: F-VE-018

IVAN BOHMAN C A

0990320810001

Dir. Matriz AV.PRINCIPAL S/N VIA A DAULE KM 6.5

Dir. Sucursal PEDRO VICENTE MALDONADO S20 - 165
Y AYAPAMBA

Contribuyente Especial No.: 6925

OBLIGADO A LLEVAR CONTABILIDAD: SI

Fecha de emisión 15/08/2017

Fecha de validez 30/08/2017



5637160408

Razón Social / Nombres y Apellido: CONSUMIDOR FINAL

RUC : 9999999999999

Dirección cliente :

Pedido de cliente :

Cod. Principal	Descripción	Detalle Adic.	Detalle Adic.	Cantidad	Uni.	Pr. Unitario	% Desc	Precio Total
20 D6 6005-2RS	RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS SELLO DE CAUCHO HCH (250)	0,00 -	0,00 -	1,00	UN	1,5400		1,54
04 32 1-SAE 1018 1"	BARRA RED. 1 TRANSMISION SAE 1018	0,00 -	0,00 -	2,00	KG	2,4100		4,82
04 32 1-SAE 1018 1"	BARRA RED. 1 TRANSMISION SAE 1018	0,00 -	0,00 -	0,01	KG	2,4100	100,00	0,00
01 31 4-760 (1045) 10 X 10	BARRA CUAD. 10X10 MM 760 AISI 1045 ACERO AL CARBONO	0,00 -	0,00 -	0,04	KG	8,4800		0,34
01 31 4-760 (1045) 10 X 10	BARRA CUAD. 10X10 MM 760 AISI 1045 ACERO AL CARBONO	0,00 -	0,00 -	0,00	KG	8,4800	100,00	0,00

Información Adicional

Forma pago CONTADO - CONTADO

Vendedor 01834 - SOLEDISPA RODRIGUEZ
VERONICA

SUBTOTAL 12%	6,70
SUBTOTAL 0%	0,00
SUBTOTAL NO SUJETO IVA:	0,00
SUBTOTAL SIN IMPUESTOS:	6,70
DESCUENTO	0,00
IVA 12%	0,80
VALOR A PAGAR ..USD	7,50

Nota: Peso y monto son aproximados para materiales

APÉNDICE D
Informes de Simulaciones

Simulación de Pasador Balancin

Fecha: sábado, 26 de agosto de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: ESTATICO

Tipo de análisis: Análisis estático

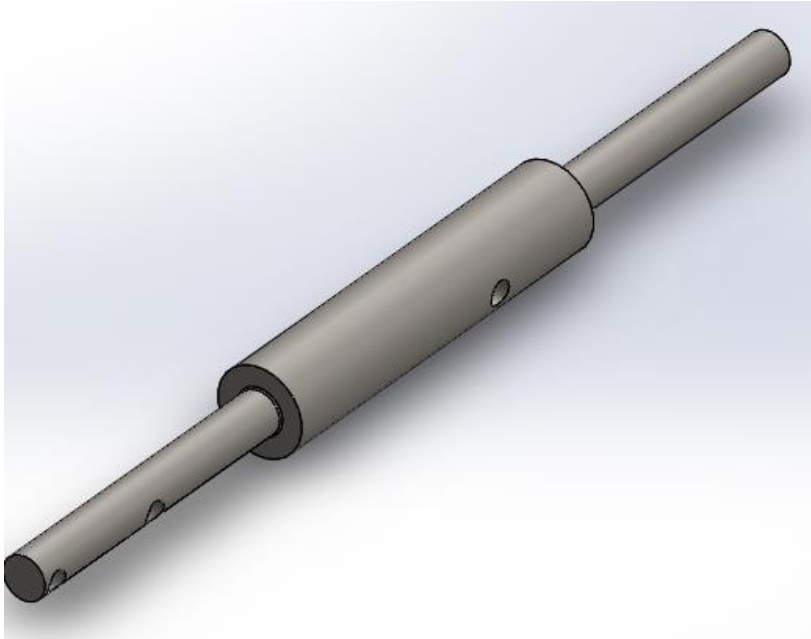


Tabla de Contenido

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	2
Unidades	3
Propiedades de material	3
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla	5
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio.....	6



Información de modelo

Nombre del modelo: PASADOR DE BD Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Redondeo1	Sólido	Masa:4.99482 kg Volumen:0.000634665 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:48.9492 N	C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300\PASADOR DE BD.SLDPRT Aug 26 14:47:11 2017

Propiedades del estudio

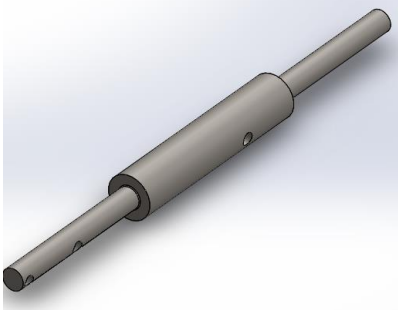
Nombre de estudio	ESTATICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300)



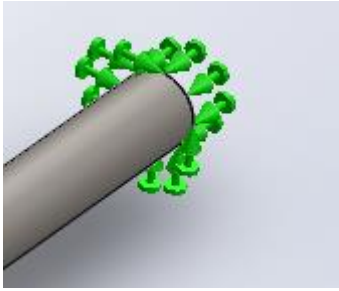
Unidades

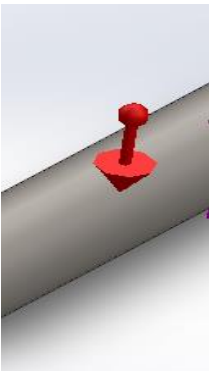
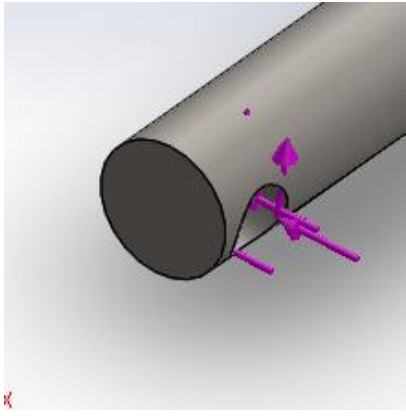
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

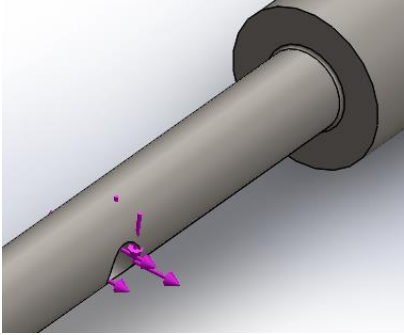
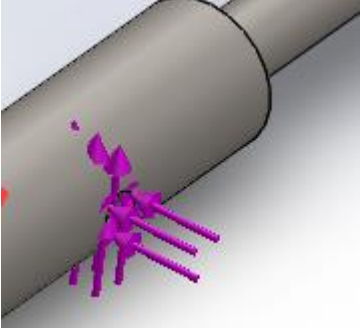
Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.2e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7870 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Redondeo1)(PASADOR DE BD)
Datos de curva:N/A		

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	742.082	-535.909	0.21405	915.36
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		<p>Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI</p>
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: -649, 184, --- N</p>

Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 184, -649, --- N
Fuerza-3		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: -277, 1050, --- N

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0 mm
Tamaño mínimo del elemento	0 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	151757
Número total de elementos	103852
Cociente máximo de aspecto	5.976
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.9
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	ELIZAB



Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	742.082	-535.909	0.21405	915.36

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	54555.8 N/m ² Nodo: 115052	2.58908e+008 N/m ² Nodo: 151217
PASADOR DE BD-ESTATICO-Tensiones-Tensiones1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 148	7.44205 mm Nodo: 3979
PASADOR DE BD-ESTATICO-Desplazamientos-Desplazamientos1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	7.56716e-007 Elemento: 54650	0.000902608 Elemento: 54548
PASADOR DE BD-ESTATICO-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1			



Simulación de Simulación Biela Soporte

Fecha: sábado, 26 de agosto de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: ETATICO

Tipo de análisis: Análisis estático

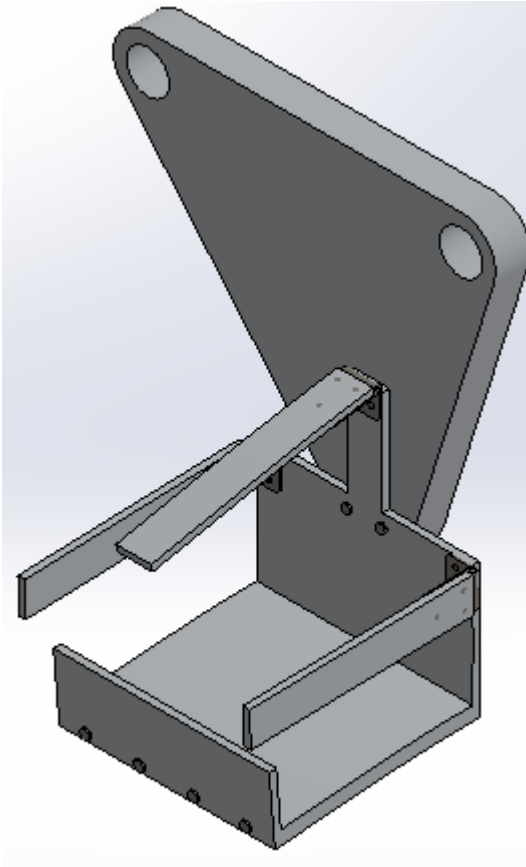


Tabla de Contenido

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	6
Unidades	7
Propiedades de material	7
Cargas y sujeciones.....	10
Información de malla	12
Fuerzas resultantes.....	12
Resultados del estudio.....	13



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0187105 kg Volumen:2.38351e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.183363 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0187105 kg Volumen:2.38351e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.183363 N
Saliente-Extruir4	Sólido	Masa:21.3183 kg Volumen:0.00789565 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:208.919 N
Cortar-Extruir2	Sólido	Masa:4.58721 kg Volumen:0.00169897 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:44.9547 N
Saliente-Extruir5	Sólido	Masa:1.61879 kg Volumen:0.00059955 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:15.8641 N
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:0.831571 kg Volumen:0.000307989 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:8.1494 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:0.203893 kg Volumen:7.55158e-005 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:1.99815 N
Cortar-Extruir4	Sólido	Masa:0.434769 kg Volumen:0.000161026 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:4.26074 N
Cortar-Extruir4	Sólido	Masa:0.434769 kg Volumen:0.000161026 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:4.26074 N

Cortar-Extruir4	Sólido	Masa:0.434769 kg Volumen:0.000161026 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:4.26074 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N

Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.00396331 kg Volumen:4.95414e-007 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.0388405 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N

Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:0.0136885 kg Volumen:1.74375e-006 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:0.134147 N
Redondeo2	Sólido	Masa:0.0556811 kg Volumen:6.96013e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.545674 N
Redondeo2	Sólido	Masa:0.0556811 kg Volumen:6.96013e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.545674 N
Redondeo2	Sólido	Masa:0.0556811 kg Volumen:6.96013e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.545674 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:0.0874775 kg Volumen:1.09347e-005 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.85728 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:0.0874775 kg Volumen:1.09347e-005 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.85728 N
Cortar-Extruir5	Sólido	Masa:0.0874775 kg Volumen:1.09347e-005 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.85728 N

Redondeo1	Sólido	Masa:0.0128037 kg Volumen:1.60047e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.125477 N
Redondeo1	Sólido	Masa:0.0128037 kg Volumen:1.60047e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.125477 N
Redondeo1	Sólido	Masa:0.0128037 kg Volumen:1.60047e-006 m ³ Densidad:8000 kg/m ³ Peso:0.125477 N

Propiedades del estudio

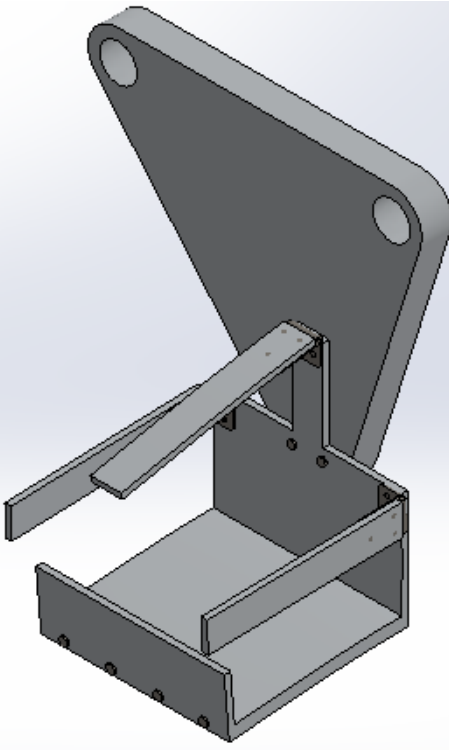
Nombre de estudio	ETSTICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300)



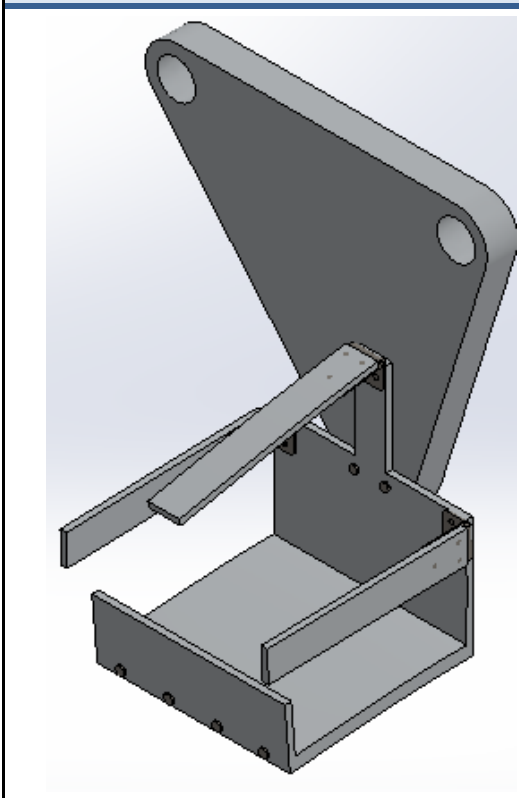
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

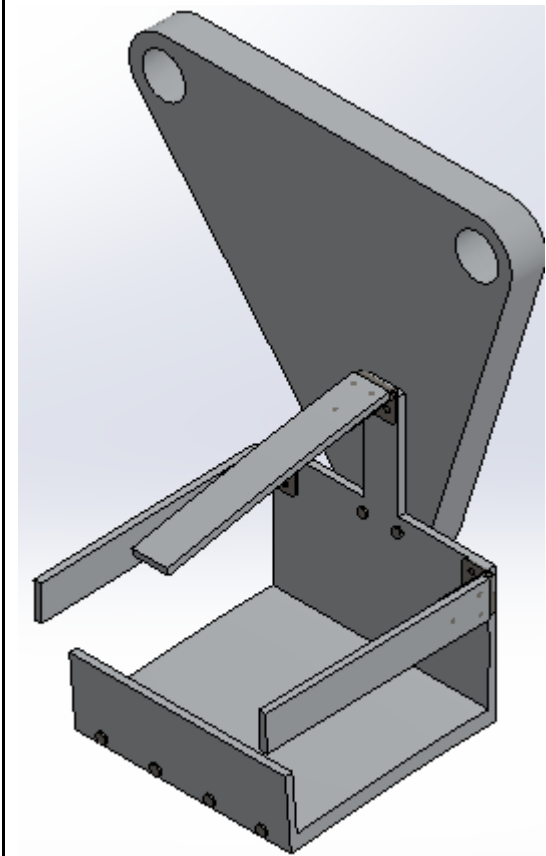
Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 7.93e+010 N/m²</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir2)(PERNO SOPORTE UNION 3-1), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(PERNO SOPORTE UNION 3-2), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-1), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-2), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-3), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-4), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-5), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-6), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-7), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO M8 SOPORTE 1-8)</p>

Datos de curva:N/A



Nombre: 6063-T5
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado: Desconocido
Límite elástico: 1.45e+008 N/m²
Límite de tracción: 1.85e+008 N/m²
Módulo elástico: 6.9e+010 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.33
Densidad: 2700 kg/m³
Módulo cortante: 2.58e+010 N/m²
Coefficiente de dilatación térmica: 2.3e-005 /Kelvin

Sólido 1(Saliente-Extruir4)(brazo CD MAQUINA-1),
 Sólido 1(Cortar-Extruir2)(soporte-1/BASE 1-1),
 Sólido 1(Saliente-Extruir5)(soporte-1/BASE 2-1),
 Sólido 1(Cortar-Extruir1)(soporte-1/BASE 3-1),
 Sólido 1(Cortar-Extruir5)(soporte-1/BASE 4-1),
 Sólido 1(Cortar-Extruir4)(soporte-1/BASE 5-1),
 Sólido 1(Cortar-Extruir4)(soporte-1/BASE 5-2),
 Sólido 1(Cortar-Extruir4)(soporte-1/BASE 5-3)

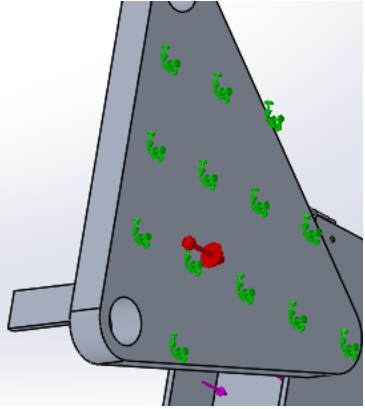


Nombre: AISI 304
Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal
Criterio de error predeterminado: Desconocido
Límite elástico: 2.06807e+008 N/m²
Límite de tracción: 5.17017e+008 N/m²
Módulo elástico: 1.9e+011 N/m²
Coefficiente de Poisson: 0.29
Densidad: 8000 kg/m³
Módulo cortante: 7.5e+010 N/m²
Coefficiente de dilatación térmica: 1.8e-005 /Kelvin

Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-1),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-10),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-11),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-12),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-13),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-14),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-15),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-2),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-3),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-3),
 Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-3),

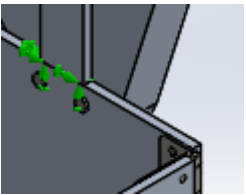
		<p>Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-4), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-5), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-6), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-7), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-8), Sólido 1(Saliente-Extruir2)(soporte-1/PERNO BISAGRA-9), Sólido 1(Redondeo2)(soporte-1/bisagra 1-1), Sólido 1(Redondeo2)(soporte-1/bisagra 1-2), Sólido 1(Redondeo2)(soporte-1/bisagra 1-3), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(soporte-1/bisagra 2-1), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(soporte-1/bisagra 2-2), Sólido 1(Cortar-Extruir5)(soporte-1/bisagra 2-3), Sólido 1(Redondeo1)(soporte-1/bisagra 3-1), Sólido 1(Redondeo1)(soporte-1/bisagra 3-2), Sólido 1(Redondeo1)(soporte-1/bisagra 3-3)</p>
--	--	---

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija

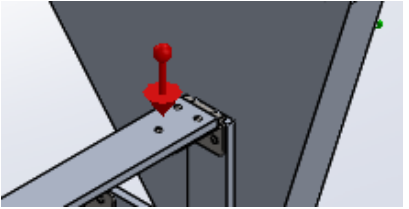
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-1.14596	218.15	-8.98799	218.338
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Fijo-2		Entidades: 2 cara(s) Tipo: Geometría fija
--------	--	--

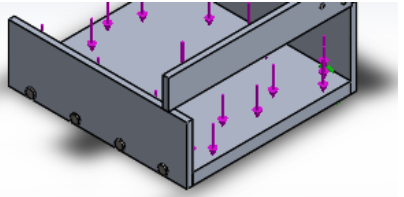
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	1.0154	311.674	8.55993	311.793
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI



Fuerza-1



Entidades: 1 cara(s)
Tipo: Aplicar fuerza normal
Valor: 230 N



Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	1.23138 in
Tamaño mínimo del elemento	0.246275 in
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	41837
Número total de elementos	25609
Cociente máximo de aspecto	692.79
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	76.7
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	1.52
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:12
Nombre de computadora:	ELIZAB

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	-0.130558	529.823	-0.428048	529.823

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	3.64792 N/m ² Nodo: 1012	3.48529e+007 N/m ² Nodo: 38216

SIMULACION AC SOPORTE-ETSTICO-Tensiones-Tensiones1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 702	0.182308 mm Nodo: 23329

SIMULACION AC SOPORTE-ETSTICO-Desplazamientos-Desplazamientos1

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.14655e-009 Elemento: 4939	5.55958e-005 Elemento: 20937

SIMULACION AC SOPORTE-ETSTICO-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1

Nombre	Tipo
Desplazamientos1{1}	Forma deformada

SIMULACION AC SOPORTE-ETSTICO-Desplazamientos-Desplazamientos1{1}



Simulación de Base Principal

Fecha: sábado, 26 de agosto de 2017

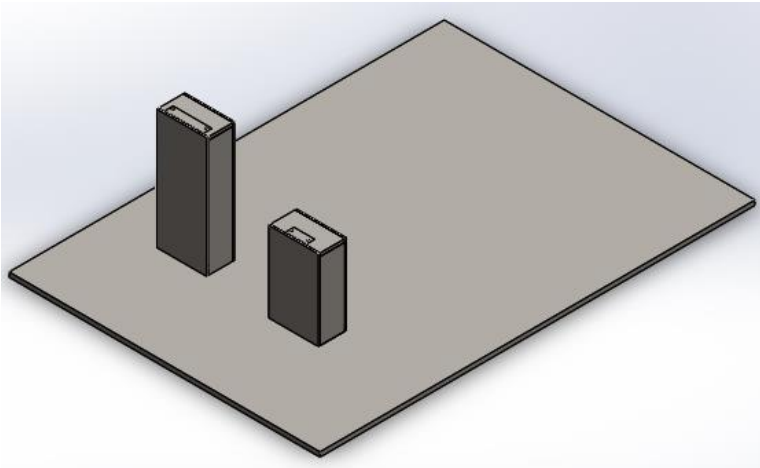
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: PANDEO

Tipo de análisis: Pandeo

Tabla de Contenido

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones.....	5
Información de contacto	6
Información de malla	6
Resultados del estudio.....	7



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:19.3424 kg Volumen:0.002464 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:189.556 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:19.3424 kg Volumen:0.002464 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:189.556 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:12.9368 kg Volumen:0.001648 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:126.781 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:12.9368 kg Volumen:0.001648 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:126.781 N
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:7.98898 kg Volumen:0.0010177 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:78.292 N
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:8.01998 kg Volumen:0.00102165 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:78.5958 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:1318.8 kg Volumen:0.168 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:12924.2 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:20.5701 kg Volumen:0.00261374 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:201.587 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:20.5701 kg Volumen:0.00261374 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:201.587 N

Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:31.0877 kg Volumen:0.00396021 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:304.659 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:31.0877 kg Volumen:0.00396021 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:304.659 N

Propiedades del estudio

Nombre de estudio	PANDEO
Tipo de análisis	Pandeo
Tipo de malla	Malla sólida
Número de modos	1
Tipo de solver	FFEPlus
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300)

Unidades

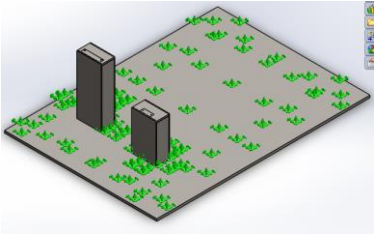
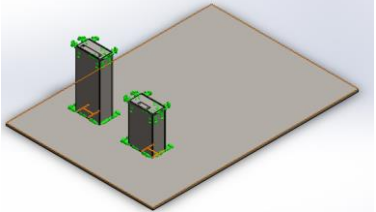
Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

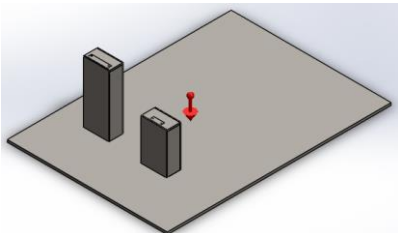
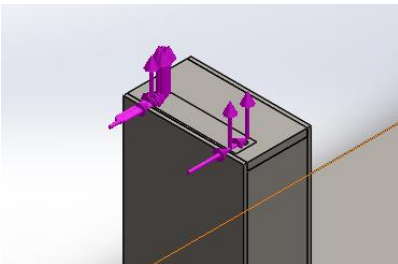
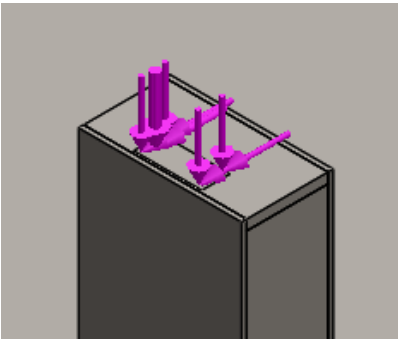


Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: ASTM A36 Acero</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 2.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4e+008 N/m²</p> <p>Densidad: 7850 kg/m³</p> <p>Módulo elástico: 2e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.26</p>	<p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 30X380X750 Horizontal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 30X380X750 Horizontal-2),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 320X10X515 Horizontal-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 320X10X515 Horizontal-2),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(BASE 160X320X30 DE CHUMACERA DE 75MM-1),</p> <p>Sólido 1(Cortar-Extruir1)(BASE 160X320X30-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir2)(BASE PRINCIPAL MAQUINA-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 700 HEB160-1),</p> <p>Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 700 HEB160-2)</p>

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija
Fijo-2		Entidades: 10 cara(s) Tipo: Geometría fija

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI
Fuerza-1		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, -3753, -873 N
Fuerza-2		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: ---, 613, 110 N

Información de contacto

Contacto	Imagen del contacto	Propiedades del contacto
Contacto global		Tipo: Permitir penetración Componentes: 1 componente(s)

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla estándar
Transición automática:	Desactivar
Incluir bucles automáticos de malla:	Desactivar
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño de elementos	33.3875 mm
Tolerancia	1.66937 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	122547
Número total de elementos	68245
Cociente máximo de aspecto	25.739
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	85.5
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.214
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:29
Nombre de computadora:	ELIZAB



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máy.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante Plot para forma modal: 1(Factor de carga = 385.725)	0 mm Nodo: 1	96.3171 mm Nodo: 3538

Ensamblaje base prueba 4-PANDEO-Desplazamientos-Desplazamientos1

Lista de modos

Número de modos	Factor de cargas
1	385.73



Simulación de Base Principal

Fecha: jueves, 24 de agosto de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: Estudio Estatico

Tipo de análisis: Análisis estático

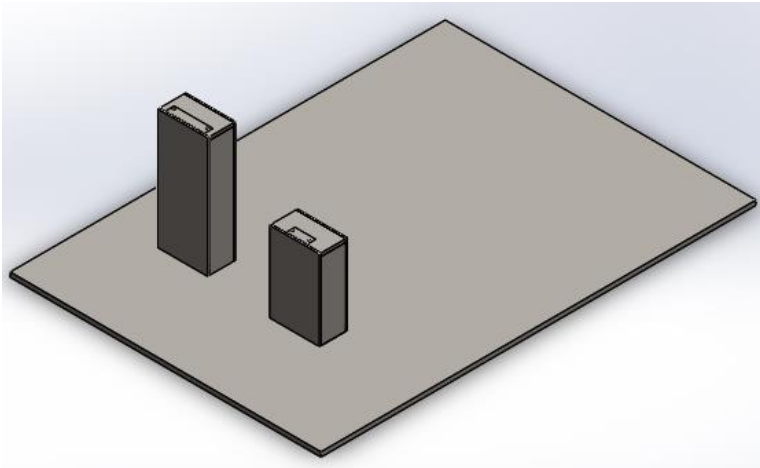


Table of Contents

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	3
Unidades	3
Propiedades de material	4
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla	7
Resultados del estudio.....	8



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:19.5936 kg Volumen:0.002496 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:192.017 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:19.5936 kg Volumen:0.002496 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:192.017 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:12.9368 kg Volumen:0.001648 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:126.781 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:12.9368 kg Volumen:0.001648 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:126.781 N
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:7.98898 kg Volumen:0.0010177 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:78.292 N
Cortar-Extruir1	Sólido	Masa:8.01998 kg Volumen:0.00102165 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:78.5958 N
Saliente-Extruir2	Sólido	Masa:779.13 kg Volumen:0.099 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:7635.47 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:20.5701 kg Volumen:0.00261374 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:201.587 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:20.5701 kg Volumen:0.00261374 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:201.587 N

Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:31.5022 kg Volumen:0.00401302 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:308.721 N
Saliente-Extruir1	Sólido	Masa:31.5022 kg Volumen:0.00401302 m ³ Densidad:7850 kg/m ³ Peso:308.721 N

Propiedades del estudio

Nombre de estudio	ESTATICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar

Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²



Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	Nombre: ASTM A36 Acero Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal Criterio de error predeterminado: Desconocido Límite elástico: 2.5e+008 N/m ² Límite de tracción: 4e+008 N/m ² Módulo elástico: 2e+011 N/m ² Coefficiente de Poisson: 0.26 Densidad: 7850 kg/m ³ Módulo cortante: 7.93e+010 N/m ²	Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 30X380X750 Horizontal-4), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 30X380X750 Horizontal-5), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 320X10X515 Horizontal-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(BARRA 320X10X515 Horizontal-2), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(BASE 160X320X30 DE CHUMACERA DE 75MM-1), Sólido 1(Cortar-Extruir1)(BASE 160X320X30-2), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 700 HEB160-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 700 HEB160-2) Sólido 1(Saliente-Extruir2)(BASE PRINCIPAL-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 435 HEB160-1), Sólido 1(Saliente-Extruir1)(VIGAS 435 HEB160-2)

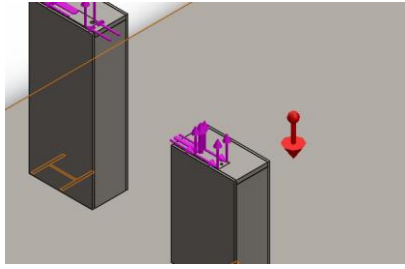
Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-18		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-2.33062	7911.29	0.0937519	7911.29
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Fijo-19		Entidades: 1 arista(s), 3 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	2.98079	221.38	0.0318224	221.4
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0
Fijo-20		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	756.257	-3357.51	-31.1721	3441.77
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0
Fijo-21		Entidades: 8 cara(s) Tipo: Geometría fija		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	6.78718	502.872	38.6583	504.402
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Fuerza-5		Entidades: 1 cara(s) Tipo: Aplicar fuerza Valores: -873, ---, -3753 N
Fuerza-6		Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 110, ---, -613 N

Gravedad-1



Referencia: Cara< 1 >
Valores: 0 0 9.81
Unidades: SI



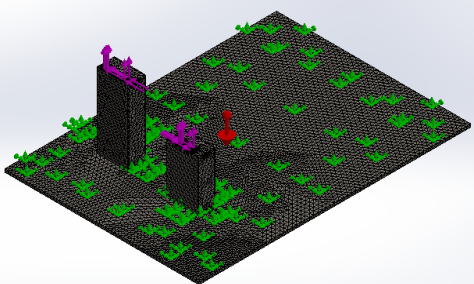
Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	35.6651 mm
Tamaño mínimo del elemento	1.78326 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden
Regenerar la malla de piezas fallidas con malla incompatible	Desactivar

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	201406
Número total de elementos	110518
Cociente máximo de aspecto	15.933
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	79.8
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0.0715
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:29
Nombre de computadora:	ELIZAB

Información sobre el control de malla:

Nombre del control de malla	Imagen del control de malla	Detalles del control de malla
Control-1		Entidades: 1 componente(s) Unidades: mm Tamaño: 35.8891 Coeficiente: 1.5
Control-2		Entidades: 1 componente(s) Unidades: mm Tamaño: 35.8891 Coeficiente: 1.5



Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	763.042	5094.2	0.208615	5151.03

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0

Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	9.07536e-005 N/m ² Nodo: 17022	356445 N/m ² Nodo: 14341
Ensamblaje base prueba 4-ESTATICO-Tensiones-Tensiones1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1	3.61746e-005 mm Nodo: 13097
Ensamblaje base prueba 4-ESTATICO-Desplazamientos-Desplazamientos1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	3.07264e-010 Elemento: 24171	1.46414e-006 Elemento: 7544
Ensamblaje base prueba 4-ESTATICO-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1			



Simulación de Eje Motriz

Fecha: sábado, 26 de agosto de 2017

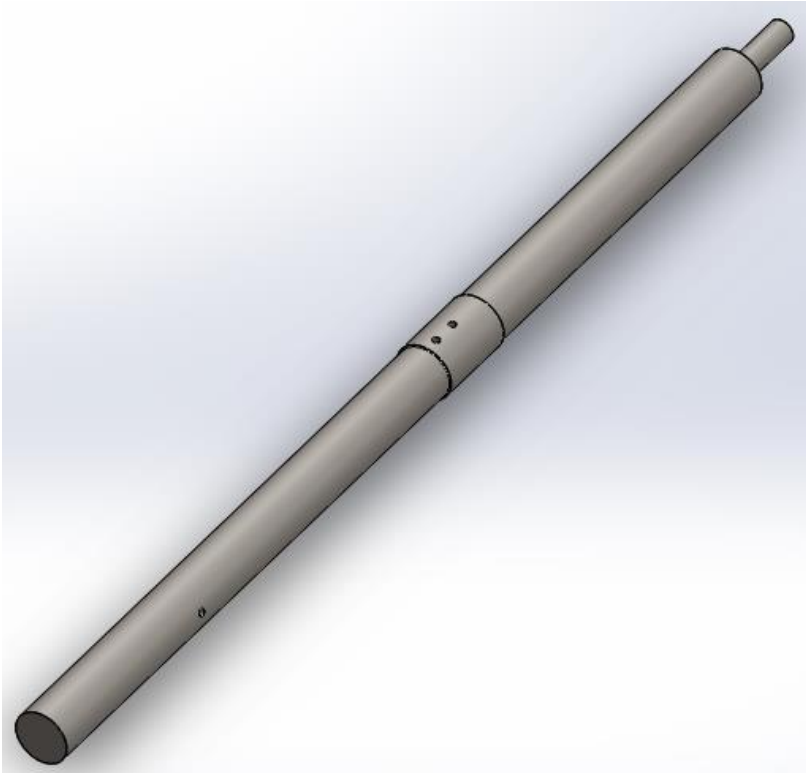
Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: ESTATICO

Tipo de análisis: Análisis estático

Tabla de datos

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	2
Unidades	3
Propiedades de material	3
Cargas y sujeciones.....	4
Información de malla	6
Fuerzas resultantes.....	6
Resultados del estudio.....	7



Información de modelo

Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas
Cortar-Extruir11	Sólido	Masa:54.5135 kg Volumen:0.00692674 m ³ Densidad:7870 kg/m ³ Peso:534.232 N

Propiedades del estudio


Nombre de estudio	ESTATICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar



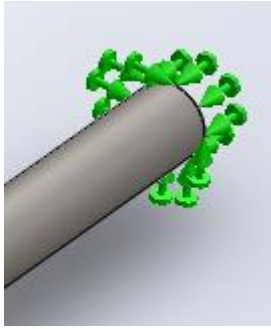
Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: AISI 1020 Acero laminado en frío</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 3.5e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 4.2e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 2.05e+011 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.29</p> <p>Densidad: 7870 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 8e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 1.2e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir11)(EJE MOTRIZ)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción
Fijo-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Tipo: Geometría fija</p>

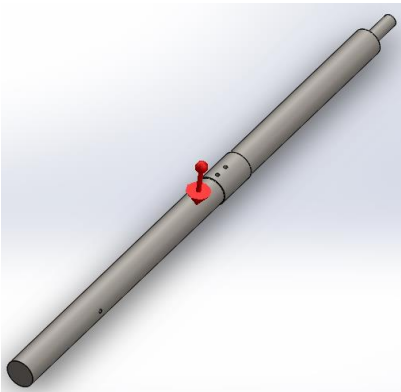
Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	-0.496826	3.36209	-0.27431	3.40965
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

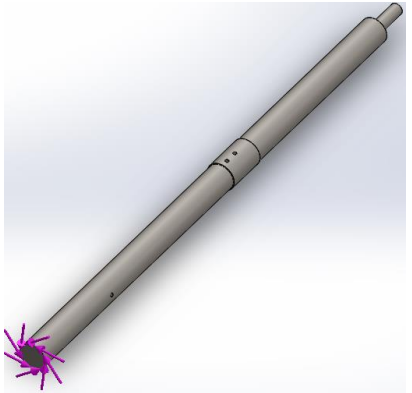
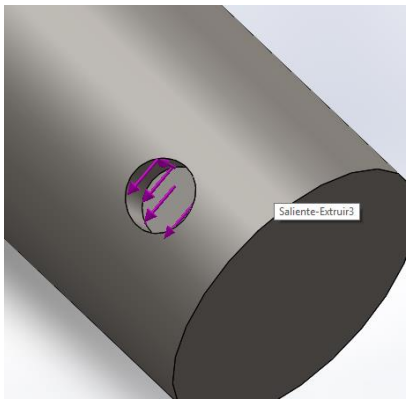
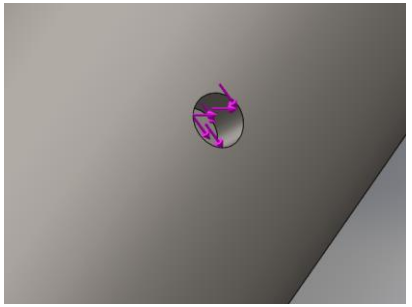
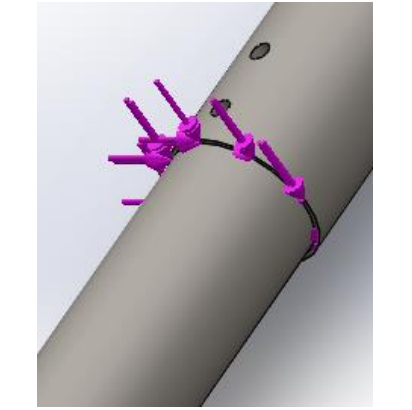
Sobre caras cilíndricas-1		<p>Entidades: 3 cara(s) Tipo: Sobre caras cilíndricas Traslación: 0, ---, 0 Unidades: mm</p>
---------------------------	--	---

Fuerzas resultantes

Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	812.356	21150.2	-1.81021	21165.8
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga
Gravedad-1		<p>Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI</p>



Torsión-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 320 N·m</p>
Fuerza-1		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: -873, -3753, --- N</p>
Fuerza-2		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 73, -3175, --- N</p>
Fuerza-3		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 3, -13680, --- N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0 mm
Tamaño mínimo del elemento	0 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	82776
Número total de elementos	55408
Cociente máximo de aspecto	6.0275
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	99.3
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:06
Nombre de computadora:	ELIZAB

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	811.853	21153.6	-2.0845	21169.1

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	13243.9 N/m ² Nodo: 12686	1.07631e+008 N/m ² Nodo: 71132
EJE MOTRIZ-ESTATICO-Tensiones-Tensiones1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 1693	0.211968 mm Nodo: 80881
EJE MOTRIZ-ESTATICO-Desplazamientos-Desplazamientos1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.99517e-007 Elemento: 20174	0.000361137 Elemento: 9292
EJE MOTRIZ-ESTATICO-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1			



Simulación de Manivela

Fecha: sábado, 26 de agosto de 2017

Diseñador: Solidworks

Nombre de estudio: ESTATICO

Tipo de análisis: Análisis estático

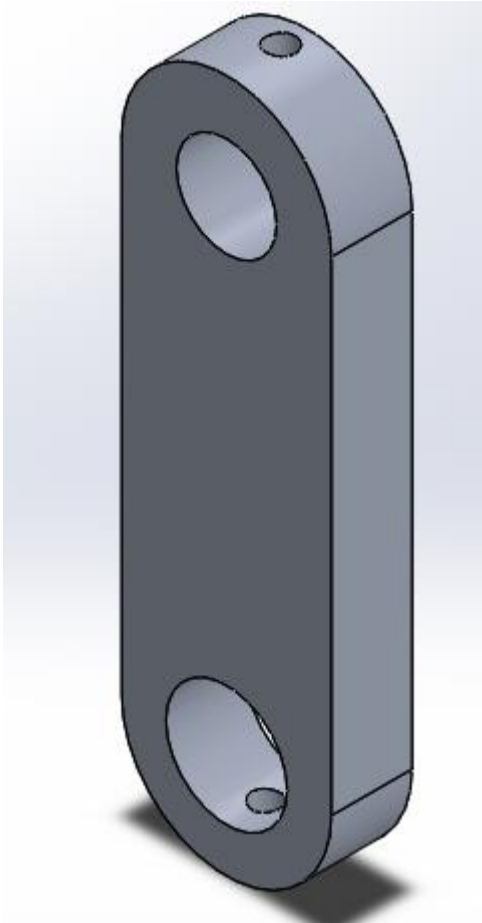


Tabla de Contenido

Información de modelo	2
Propiedades del estudio	2
Unidades	3
Propiedades de material	3
Cargas y sujeciones.....	3
Información de malla	5
Fuerzas resultantes.....	5
Resultados del estudio.....	6



Información de modelo

Nombre del modelo: brazo AC MAQUINA Configuración actual: Predeterminado			
Sólidos			
Nombre de documento y referencia	Tratado como	Propiedades volumétricas	Ruta al documento/Fecha de modificación
Cortar-Extruir9	Sólido	Masa:6.01045 kg Volumen:0.00222609 m ³ Densidad:2700 kg/m ³ Peso:58.9024 N	C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300\brazo AC MAQUINA.SLDPRT Aug 26 18:00:04 2017

Propiedades del estudio

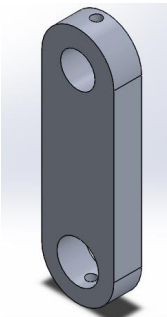
Nombre de estudio	ESTATICO
Tipo de análisis	Análisis estático
Tipo de malla	Malla sólida
Efecto térmico:	Activar
Opción térmica	Incluir cargas térmicas
Temperatura a tensión cero	298 Kelvin
Incluir los efectos de la presión de fluidos desde SolidWorks Flow Simulation	Desactivar
Tipo de solver	FFEPlus
Efecto de rigidización por tensión (Inplane):	Desactivar
Muelle blando:	Desactivar
Desahogo inercial:	Desactivar
Opciones de unión rígida incompatibles	Automática
Gran desplazamiento	Desactivar
Calcular fuerzas de cuerpo libre	Activar
Fricción	Desactivar
Utilizar método adaptativo:	Desactivar
Carpeta de resultados	Documento de SolidWorks (C:\Users\Maria\Desktop\TESIS\piezas\piezas de 300)



Unidades

Sistema de unidades:	Métrico (MKS)
Longitud/Desplazamiento	mm
Temperatura	Kelvin
Velocidad angular	Rad/seg
Presión/Tensión	N/m ²

Propiedades de material

Referencia de modelo	Propiedades	Componentes
	<p>Nombre: 6063-T5</p> <p>Tipo de modelo: Isotrópico elástico lineal</p> <p>Criterio de error predeterminado: Desconocido</p> <p>Límite elástico: 1.45e+008 N/m²</p> <p>Límite de tracción: 1.85e+008 N/m²</p> <p>Módulo elástico: 6.9e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de Poisson: 0.33</p> <p>Densidad: 2700 kg/m³</p> <p>Módulo cortante: 2.58e+010 N/m²</p> <p>Coefficiente de dilatación térmica: 2.3e-005 /Kelvin</p>	Sólido 1(Cortar-Extruir9)(brazo AC MAQUINA)

Cargas y sujeciones

Nombre de sujeción	Imagen de sujeción	Detalles de sujeción		
Fijo-1		<p>Entidades: 1 arista(s)</p> <p>Tipo: Geometría fija</p>		
Fuerzas resultantes				
Componentes	X	Y	Z	Resultante
Fuerza de reacción(N)	707.25	1029	0.0418243	1248.62
Momento de reacción(N·m)	0	0	0	0

Nombre de carga	Cargar imagen	Detalles de carga



<p>Torsión-1</p>		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar momento torsor Valor: 300 N·m</p>
<p>Gravedad-1</p>		<p>Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI</p>
<p>Fuerza-1</p>		<p>Entidades: 1 cara(s) Referencia: Cara< 1 > Tipo: Aplicar fuerza Valores: 655, -970, --- N</p>

Información de malla

Tipo de malla	Malla sólida
Mallador utilizado:	Malla basada en curvatura
Puntos jacobianos	4 Puntos
Tamaño máximo de elemento	0 mm
Tamaño mínimo del elemento	0 mm
Calidad de malla	Elementos cuadráticos de alto orden

Información de malla - Detalles

Número total de nodos	81399
Número total de elementos	55069
Cociente máximo de aspecto	4.1642
% de elementos cuyo cociente de aspecto es < 3	100
% de elementos cuyo cociente de aspecto es > 10	0
% de elementos distorsionados (Jacobiana)	0
Tiempo para completar la malla (hh:mm:ss):	00:00:07
Nombre de computadora:	ELIZAB

Fuerzas resultantes

Fuerzas de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N	707.25	1029	0.0418243	1248.62

Momentos de reacción

Conjunto de selecciones	Unidades	Suma X	Suma Y	Suma Z	Resultante
Todo el modelo	N·m	0	0	0	0



Resultados del estudio

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Tensiones1	VON: Tensión de von Mises	9433.31 N/m ² Nodo: 79290	3.45117e+007 N/m ² Nodo: 77529
brazo AC MAQUINA-ESTATICO-Tensiones-Tensiones1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Desplazamientos1	URES: Desplazamiento resultante	0 mm Nodo: 429	0.0207659 mm Nodo: 312
brazo AC MAQUINA-ESTATICO-Desplazamientos-Desplazamientos1			

Nombre	Tipo	Mín.	Máx.
Deformaciones unitarias1	ESTRN: Deformación unitaria equivalente	1.36889e-007 Elemento: 15065	0.000217895 Elemento: 7291
brazo AC MAQUINA-ESTATICO-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1			

