

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ASENTADOR DE  
VÁLVULAS PARA CULATAS (8V) DE MOTORES A GASOLINA.**

**Autor**

**ALEXANDER ARANGO GARCÍA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
INGENIERÍA MECÁNICA**



**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
PAMPLONA  
18 de Enero de 2016**

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ASENTADOR DE  
VÁLVULAS PARA CULATAS (8V) DE MOTORES A GASOLINA.**

**ALEXANDER ARANGO GARCÍA**  
**alex-zizou@hotmail.es**  
**CÓDIGO: 18419154**  
**318 458 5448**

**Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de  
INGENIERO MECÁNICO**

**Directora**  
**MS.c CLAUDIA PATRICIA PARRA MEDINA**  
**Ingeniera Mecánico**  
**[claudypame@gmail.com](mailto:claudypame@gmail.com)**

**PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA MECÁNICA, MECATRÓNICA E**  
**INDUSTRIAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA**  
**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA**  
**Pamplona**  
**18 de Enero de 2016**

*Dedicatoria.*

*A Dios y a mi familia que siempre han creído en mí.*

*AGRADECIMIENTOS.*

*A mí siempre dispuesta directora de trabajo de grado Claudia Parra Medina, que ha sabido comprender mis ausencias.*

## TABLA DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCCIÓN.</b>	<b>15</b>
<b>2. JUSTIFICACION.</b>	<b>16</b>
<b>3. OBJETIVOS.</b>	<b>17</b>
<b>3.1 OBJETIVO GENERAL:</b>	<b>17</b>
<b>3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</b>	<b>17</b>
<b>4. ESTADO ACTUAL.</b>	<b>18</b>
<b>4.1 LA CULATA (CYLINDER HEAD).</b>	<b>19</b>
4.1.1 Material de las culatas.	20
<b>4.2 LAS VÁLVULAS.</b>	<b>21</b>
<b>4.3 ASIENTOS DE LAS VÁLVULAS.</b>	<b>24</b>
4.3.1 Inspección del asiento de la válvula.	25
4.3.2 Prueba de estanqueidad.	25
4.3.3 Cuidados a tener en cuenta durante el asentamiento de válvulas.	26
4.3.4 Guía de las válvulas.	27
<b>4.4 DIAGNÓSTICO DE FALLAS.</b>	<b>27</b>
<b>4.5 ENGRANAJES.</b>	<b>28</b>
<b>4.6 ENGRANAJES DE DIENTES RECTOS.</b>	<b>28</b>
<b>4.7 ESFUERZO DE DISEÑO.</b>	<b>29</b>
<b>4.8 NORMAS.</b>	<b>30</b>
4.8.1 AISI-SAE	30
4.8.2 ASTM (Association for Testing Materials).	30
4.8.3 DIN ('Instituto Alemán de Normalización')	31
4.8.4 ISO	31
4.8.5 SISTEMA ISO	31
4.8.6 AWS (American Welding Society)	32
<b>5. METODOLOGÍA PROPUESTA.</b>	<b>32</b>
<b>5.1 PARÁMETROS DE LAS CULATAS DE 8 VALVULAS DE MOTORES A GASOLINA.</b>	<b>33</b>
<b>5.2 SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE LA CULATA.</b>	<b>35</b>
<b>5.3 DISEÑO DEL PROTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.</b>	<b>38</b>
5.3.1 Criterios de Diseño.	38
5.3.2 Propiedades mecánicas típicas del depósito de la soldadura	38
5.3.3 Selección de la relación de engranes,	48
5.3.4 Cálculo del resorte helicoidal.	48

5.3.5	Cálculo de la potencia del motor.	50
5.3.6	Cálculos de esfuerzos.	50
5.3.7	Diagrama de cuerpo libre del engranaje	54
5.3.8	Diseño y simulación de la Mariposa de sujeción.	56
5.3.9	Simulación del mecanismo de transmisión de potencia.	57
5.3.10	Simulación de esfuerzos en la corredera.	59
5.3.11	Simulación de deflexión en la base inferior del mecanismo de transmisión de potencia.	60
<b>5.4</b>	<b>DISEÑO CAD DEL PROTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.</b>	<b>61</b>
5.4.1	Diseño del eje.	61
5.4.2	Diseño de la leva.	63
5.4.2.1	Parámetros de Entrada de Diseño	63
5.4.2.2	Parámetros de segmento.	63
5.4.3	Diseño CAD del piñón y el engranaje.	64
5.4.3.1	Propiedades del material usadas para los cálculos	65
5.4.3.2	Resultados generales.	65
5.4.3.3	Validación de la resistencia.	66
5.4.3.4	Cotas básicas.	66
<b>5.5</b>	<b>Selección del rodamiento de bolas</b>	<b>67</b>
<b>5.6</b>	<b>CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.</b>	<b>68</b>
<b>5.7</b>	<b>PRUEBAS EXPERIMENTALES.</b>	<b>75</b>
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS Y RESULTADOS.</b>	<b>76</b>
6.1	DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO.	76
6.2	SELECCIÓN DEL MOTOR	77
6.3	PROTOTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.	77
6.4	RESULTADOS EXPERIMENTALES.	78
<b>7.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>81</b>
<b>8.</b>	<b>RECOMENDACIONES.</b>	<b>82</b>
<b>9.</b>	<b>TRABAJOS FUTUROS</b>	<b>83</b>
<b>10.</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>84</b>
<b>11.</b>	<b>ANEXOS.</b>	<b>87</b>
11.1	MANUAL DE USUARIO.	87
11.2	ESTUDIO DE MERCADO	94
11.2.1	Encuesta.	94
11.2.2	Análisis de los resultados de la encuesta.	96
11.3	Planos.	96

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Culatas refrigeradas por Aire (Izq.), agua (Der.)	20
Figura 2 Funcionamiento de las Válvulas.	21
Figura 3 Partes de una Válvula.	22
Figura 4 Válvula de Cabeza Plana.	23
Figura 5 Distribución de las Válvulas en doble línea.	24
Figura 6 Herramienta de Rectificado manual.	27
Figura 7. Problemas comunes en las válvulas.	28
Figura 8 Obtención de Dimensiones de las culatas.	34
Figura 9. Culatas de carros de 8 válvulas usadas en el presente trabajo.	34
Figura 10 Recolección y tabulación de dimensiones de la culata Renault 9 (1400cc)	35
Figura 11 Prototipo 1 Asentador en Madera MDF y PVC.	36
Figura 12 Ajustes de Posición del prototipo asentador de válvulas.	40
Figura 13 Vista Lateral de válvula del Prototipo en Diferentes Ángulos	41
Figura 14 Cálculo de reacciones en el prototipo	51
Figura 15 Cálculo de reacciones en la base de madera Sapán	51
Figura 16 Cálculo de Reacciones en el tubo de acero inoxidable 306-L	52
Figura 17 Cálculo de las reacciones en las juntas.	53
Figura 18 Diagrama de cuerpo libre del engranaje.	55
Figura 19 Simulación de Esfuerzos Von Misses.	57
Figura 20 Diagrama de esfuerzos Von Mises.	58
Figura 21 Diagrama de esfuerzos Von Mises corredera acero AISI SAE 1020	59
Figura 22 Deflexiones máximas base inferior acero SAE A36	60
Figura 23 Simulación del Eje de Acero al Bajo carbono.	62
Figura 24 Eje de Acero con Chupa comercial de caucho.	62
Figura 25 Gráfico de Posición de la Leva.	64
Figura 26 Acero inoxidable de una pulgada.	69
Figura 27 Corredera de Acero y Guía	70
Figura 28 Unión ajustable en T.	71
Figura 29 Base soporte de la corredera.	71
Figura 30 Resorte helicoidal de 10 mm de Diámetro.	72
Figura 31 Tornillo roscado de acero 8 mm con tuerca.	72
Figura 32 Engranajes rectos de acrílico.	73
Figura 33 Rodamiento de 22 mm de diámetro.	73
Figura 34 Tornillo de potencia de 12 mm de diámetro.	73
Figura 35 Eje de acero con chupa.	74
Figura 36 Mecanismo y Actuador de 12 Voltios del Prototipo	74

<b>Figura 37 Diagrama Causa Efecto.</b>	<b>76</b>
<b>Figura 38. Válvulas antes y después del asentamiento.</b>	<b>80</b>



## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1. Parámetros medidos sobre las culatas de Renault (9 1400cc,9 1600cc, Logan, Megan).</b> .....	35
<b>Tabla 2. Tabla de parámetros seleccionados para el prototipo asentador de válvulas.</b> .....	37
<b>Tabla 3 Corte y unión por soldadura SMAW</b> .....	39
<b>Tabla 4. Propiedades mecánicas de los elementos del prototipo asentador de válvulas.</b> .....	41
<b>Tabla 5 Componentes del prototipo asentador de válvulas.</b> .....	45
<b>Tabla 6. Propiedades físicas del acero estructural.</b> .....	57
<b>Tabla 7. Cargas del acero estructural.</b> .....	58
<b>Tabla 8. Resultados de deformaciones máximas y mínimas.</b> .....	60
<b>Tabla 9. Parámetros generales obtenidos en la simulación.</b> .....	65
<b>Tabla 10. Características del piñón.</b> .....	65
<b>Tabla 11. Características del engranaje.</b> .....	66
<b>Tabla 12. Validación del piñón y el engranaje.</b> .....	66
<b>Tabla 13. Cotas básicas del piñón y engranaje.</b> .....	67
<b>Tabla 14. Tabla de cotas de cada una de las piezas del prototipo asentador de válvulas.</b> .....	68
<b>Tabla 15. Datos de confrontación del prototipo diseñado Vs asentamiento de forma tradicional.</b> .....	79

## RESUMEN EXTENDIDO

# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS PARA CULATAS DE 8 VALVULAS EN MOTORES A GASOLINA

Arango Alexander<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Universidad de Pamplona, km 1 vía Bucaramanga Pamplona Colombia Departamento de Ingenierías y Arquitectura. Pamplona Colombia, 2015

---

### RESUMEN:

Teniendo como precedente que los talleres de mecánica automotriz en la Ciudad de Pamplona no cuentan en la actualidad con una herramienta que les permita realizar el asentamiento de válvulas de una manera que no sea estrictamente manual, se busca con este proyecto diseñar y construir un prototipo de asentador de válvulas para que este pueda ser a futuro considerado como una solución fácil y rápida en la ardua tarea del asentamiento de válvulas, la cual se realiza actualmente con herramientas totalmente rudimentarias. Por tal motivo, se construye con la ayuda de la metodología de diseño concurrente; un prototipo de asentador impulsado por un motor eléctrico capaz de satisfacer esta necesidad.

**Palabras claves:** Culata, DFMA, Impresión 3D, Válvula.

---

### ARTICLE INFO

### ABSTRACT

---

**Keywords:**

*Cylinder Head,  
DFMA,  
3D printing,  
Valve.*

Taking as a precedent that auto mechanic workshops in the city of Pamplona today do not have a tool that allows them to make the settlement of valves in a way that is not strictly by hand. This project seeks to design and build a valve settler prototype so that it can be considered in the future as a quick and easy solution to the arduous task of valves settlement, which is currently done with totally rudimentary tools. Therefore, the valve settler is built with the help of a concurrent design methodology; a prototype settler driven by an electric motor capable of meeting this need.

## 1. Introducción

La culata es una de las partes más importantes del motor, por tal razón ha sido objeto de estudio para optimizar su desempeño tanto a nivel ingenieril como de materiales. Tal es el caso de investigaciones realizadas en Italia e Irán. La primera con el propósito de optimizar, a través de una metodología numérica, un motor de combustión interna haciendo especial énfasis en calcular el esfuerzo a la fatiga de la culata. (Fontanesi, 2012). La segunda, propone determinar mediante el uso del software (CFD) Computational Fluid System los tiempos de inyección y presión adecuados para alcanzar un óptimo rendimiento en un motor de combustión Diesel. (Nader Raeie, 2014). Así mismo, en la industria automotriz existe una marcada tendencia a reducir el peso del motor mientras que incrementan su potencia. Por tal motivo, el sistema de válvulas se convierte en el foco de interés y es analizada en condiciones extremas de temperatura y esfuerzo mecánico para determinar nuevos materiales en su construcción. (Luis Alberto Breda Mascarenhas, 2015).

En este documento se pretende buscar una solución al asentamiento manual de válvulas, a través de un prototipo de asentador que permita reemplazar el extenuante asentamiento tradicional de válvulas por un prototipo de asentador que funcione con un motor eléctrico y le permita al trabajador invertir el tiempo que le tomaba el asentamiento de cada válvula, (aproximadamente 30 minutos), en otras actividades y lograr así una mejor optimización del tiempo y mano de obra de su taller.

En la actualidad, no se cuenta con suficiente bibliografía que cite investigaciones relacionadas directamente con el asentamiento de válvulas. No obstante, si en mecanismos rectificadores de asientos, que aunque similares, difieren de gran manera en la finalidad que cada uno de ellos persigue. El

primero, busca modificar el ángulo del cuello de la culata, el segundo asentar la válvula de manera que la unión de esta con el cuello de la culata sea totalmente hermético y no permita la descompresión en el cilindro.

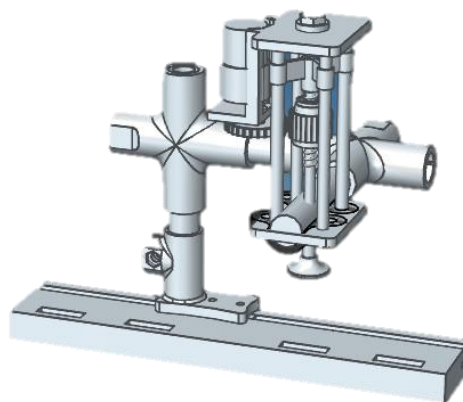
## 2. Metodología

La idea fundamental de la metodología de la ingeniería concurrente, es lograr una compatibilidad entre el diseño del producto y el proceso de manufactura que se seguiría para fabricarlo, con el fin de reducir los costos de fabricación del producto. Dicho de otro modo, la metodología concurrente, por sus innumerables bondades, se ajusta satisfactoriamente a nuestra idea de proyecto.

## 3. Diseño.

Ya que se pretende que el asentador de válvulas sea ajustable a cualquier tipo de culata de 8 válvulas en motores a gasolina, se estudiaron las dimensiones de varias culatas para garantizar una perfecta unión entre el mecanismo y la culata.

El prototipo de asentador de válvulas aquí referido presenta un diseño simple que se presume puede ser una solución efectiva a la necesidad insatisfecha mencionada anteriormente, ver Figura 1.



**Figura 1. Prototipo asentador de Válvulas.**

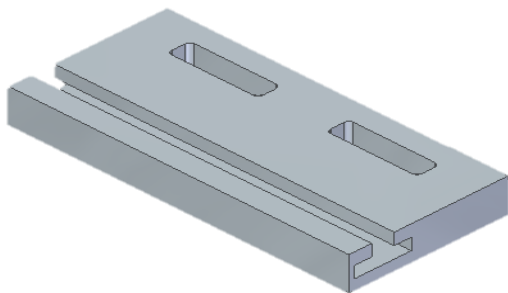
El prototipo está fabricado de diferentes materiales como lo son; Madera, aceros

blandos e inoxidable, primordialmente por dos razones fundamentales; en primer lugar por su bajo costo y en segundo lugar por su fácil maquinado.

El prototipo, el cual es alimentado con dos motores eléctricos de 12 voltios y 32 rpm (un motor para el eje y el otro para la leva excéntrica) ilustrado en la parte superior está fabricado con acero y madera. Las uniones en T, y la plataforma de transmisión de potencia están fabricadas mediante la técnica de unión por soldadura SMAW.

La corredera y el eje, son de acero y fueron maquinados con la ayuda del torno, el eje que tiene como función realizar el movimiento rotativo sobre la válvula es de acero AISI SAE A36 y tiene en su extremo una chupa comercial de caucho para adherirla a la parte superior de la válvula.

La base que sostiene el mecanismo y lo fija mediante pernos a la culata está fabricada de madera Zapan, la cual presenta propiedades mecánicas cercanas a las de un acero 1018 debido a su alta resistencia y tenacidad. ver Figura 2.

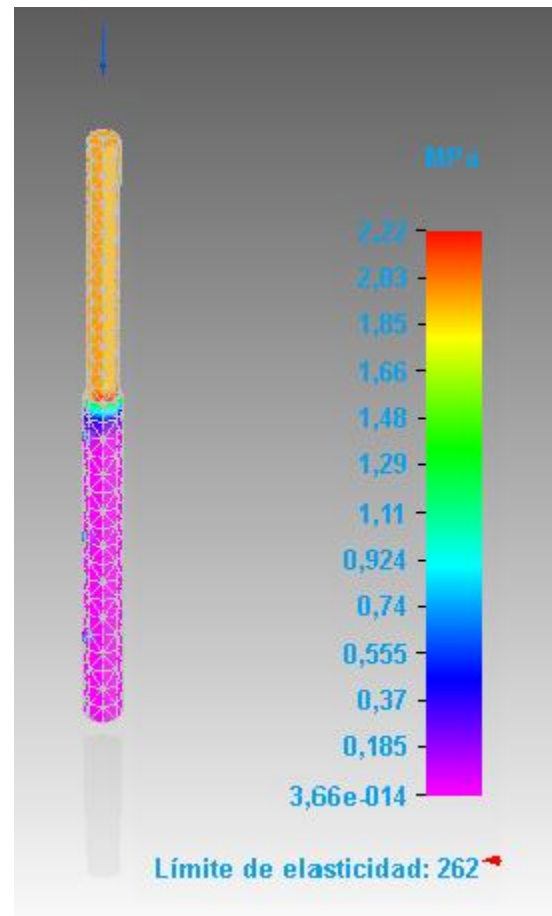


**Figura 2. Base inferior de madera**

Posteriormente, se hace con un CAD una simulación de esfuerzos a compresión y cortante sobre todas las piezas del prototipo, para verificar que sus propiedades mecánicas cumplen a cabalidad con las exigencias de esfuerzos del prototipo. Ver Figura 3. El eje y la mariposa de sujeción, se suponen soportan las máxima cargas de todo el mecanismo. Como resultado se tiene la gráfica número 3, donde se ilustra que el esfuerzo (2,22 MPa) no

supera el esfuerzo máximo del acero utilizado en nuestro prototipo (262 MPa).

Además de la simulación, también se realizan los cálculos para la implementación de dos motores eléctricos, un engranaje con relación 1.4 un resorte helicoidal y la selección del rodamiento de bolas, ya que las cargas axiales son pequeñas, que integra el mecanismo.



**Figura 3. Simulación de esfuerzo Von Mises del eje.**

Seguidamente se procede a realizar el ensamble del mecanismo sobre la culata para realizar las pruebas cinemáticas del mismo.

La calidad del asentamiento de las válvulas, aunque más demorado que el asentamiento tradicional es igual en calidad, ya que la prueba de estanqueidad así lo confirma.

A partir de las pruebas realizadas con el prototipo de asentador de válvulas, se determina que este es una opción viable para realizar el asentamiento de válvulas, ya que cumple con las características deseadas como lo son: un posicionamiento fácil del prototipo sobre la válvula a asentar, un perfecto contacto del mecanismo con la válvula y una alineación del eje con el vástago de la válvula ideal para prevenir daños en el cuello de la culata o una excentricidad que pueda afectar las paredes de la misma. Todo lo anterior sumado a que los esfuerzos permisibles debido a los esfuerzos cortantes y normales en cada uno de los componentes satisfacen las necesidades del prototipo

En la siguiente tabla se consignan los resultados obtenidos al confrontar el prototipo aquí descrito para asentar culatas de (8V) en motores a gasolina y el asentamiento manual tradicional realizado en los talleres de mecánica automotriz de esta ciudad.

	Prototipo	Tradicional
<b>Gasto Energético X 2</b>	5.8 W	2.89 W
<b>Tiempo Requerido (min)</b>	40	30
<b>Calidad del Asentamiento</b>	✓	✓
<b>Costo(Pesos)</b>	\$ 1.26	\$ 12.400

Tabla 1 Asentamiento tradicional Vs prototipo.

#### 4. CONCLUSIONES

Se concluye que:

El prototipo de asentador de válvulas cumple con requerimientos de diseño básicos por su practicidad, resistencia y calidad de asentamiento para el correcto funcionamiento, lo mismo en cuanto a cinemática y facilidad de control a nivel electrónico, lo que facilita que cualquier persona con conocimientos básicos de mecánica automotriz la pueda operar sin problema.

La prueba de estanqueidad, ver Figura 4, demuestra que el asentamiento con el

prototipo asentador de válvulas después de 40 minutos es satisfactorio.



**Figura 4. Antes y después del asentamiento.**

El gasto energético necesario para asentar las válvulas haciendo uso del prototipo es muy pequeño en relación con el que necesitaría un mecánico haciendo la misma actividad. Ver tabla1

#### 5. TRABAJOS FUTUROS

Se sugiere para futuros investigadores en la materia que el aumento de las rpm es una mejora importante para satisfacer las necesidades de tiempo y consumo energético del asentador.

Se espera que este prototipo sea un pequeño avance en la optimización del proceso de asentamiento de válvulas y que este documento sea enriquecedor para próximas investigaciones en el creciente campo de la mecánica automotriz.

#### REFERENCIAS

- Atanu Chaudhuri, P. K. (2010). Productivity and capital investments: An empirical study of three manufacturing industries in India. *Science Direct*, 15.
- Biren, P. (1996). *Concurrente Engineering fundamentals, vol 1 Integrated products and process organization*. . New York: Prentice Hall.

- Carlos Riba, A. M. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora*. España: Gobierno Español.
- Fontanesi, S. (2012). Multiphase CFD-CHT optimization of the cooling jacket and FEM. *Science Direct*, 11.
- J.P Zammit, M. M. (2014). The effects of early inlet valve closing and cylinder disablement. *ELSEVIER*, 11.
- Los Coches*. (s.f.). Obtenido de <http://www.loscoches.com/>
- Nader Raeie, S. E. (2014). Effects of injection timing, before and after top dead center on the propulsion and power in a diesel engine. *Science Direct*, 9.
- Nisbett, R. G. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. New York: Mc Graw Hill.
- Ortuño, B. H. (2010). *Metodología del Diseño*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- UNMSM, T. D. (2012). *Biblioteca central de la UNMSM*. Oficina central del sistema de Bibliotecas.
- Valverde, J. J. (s.f.). *ARPEM*. Obtenido de [http://www.arpem.com/tecnica/duracion/duracion\\_p.html](http://www.arpem.com/tecnica/duracion/duracion_p.html)

## 1. INTRODUCCIÓN.

La culata es una de las partes más importantes del motor, por tal razón ha sido objeto de estudio para optimizar su desempeño tanto a nivel ingenieril como de materiales. Tal es el caso, de investigaciones realizadas en Italia e Irán. La primera con el propósito de optimizar, a través de una metodología numérica, un motor de combustión interna haciendo especial énfasis en calcular el esfuerzo a la fatiga de la culata, (Fontanesi, 2012). La segunda, propone determinar mediante el uso del software (CFD) Computational Fluid System los tiempos de inyección y presión adecuados para alcanzar el óptimo rendimiento en un motor de combustión Diesel, (Nader Raeie, 2014). Así mismo, en la industria automotriz existe una marcada tendencia a reducir el peso del motor mientras que incrementa su potencia. Por tal motivo, el sistema de válvulas se convierte en el foco de interés y es analizada en condiciones extremas de temperatura y esfuerzo mecánico para determinar nuevos materiales en su construcción, (Luis Alberto Breda Mascarenhas, 2015).

El prototipo de asentador de válvulas que se propone, es precisamente un esfuerzo por aportar a la tecnificación de los talleres de mecánica automotriz y generar tanto una mayor productividad como una mejor cobertura a las necesidades de los propietarios de autos, considerando que es muy frecuente que éstos prefieren desplazarse a otros lugares para obtener mayor celeridad en servicios y productos a costa incluso de un mayor precio, debido a la ausencia total o parcial de equipos y procesos poco tecnificados en esta ciudad.

De esta manera, se espera que la construcción de un prototipo de asentador de válvulas automatizado, reduzca en parte el tiempo que actualmente se requiere para reparar el motor en el taller y se pueda ser más competitivo frente al mercado más próximo que se encuentra en la ciudad de Cúcuta.

## **2. JUSTIFICACION.**

En el año 2010 se estimó una cantidad de 3400 carros en la ciudad de Pamplona, según (DANE, 2010). Si tenemos en cuenta que una reparación de motor se debe ejecutar como mínimo a los 150.000 kilómetros según (Los Coches, s.f.), (en el peor de los casos con buen mantenimiento), y si se transita un promedio de 20.000 kilómetros anuales, da como resultado que se debe enviar el auto al taller para su posterior reparación de motor cuando el carro tiene 7,5 años, lo que equivale a 1.4 motores mensuales por taller en la ciudad de Pamplona.

En vista que los talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Pamplona no cuentan actualmente con una herramienta que les permita el asentamiento de las válvulas de una forma que no sea estrictamente manual, este proyecto, busca dar una solución efectiva a esta problemática a través de la implementación de un mecanismo que permita el asentamiento de una válvula de forma automática. Lo anterior posibilitaría al gremio de mecánicos automotrices de la ciudad, la oportunidad no solo de tecnificar su labor sino de ser más fructífero en su lugar de trabajo. De igual manera, según la encuesta mencionada anteriormente, el 86 % de los mecánicos de esta ciudad estarían totalmente dispuestos a adquirir un mecanismo que les supla esta evidente necesidad, lo que redundaría en un panorama bastante positivo para su ejecución.



### **3. OBJETIVOS.**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL:**

Diseñar y construir un prototipo de asentador de válvulas para culatas (8V) de motores a gasolina.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Determinar las configuraciones comunes de las culatas (8V) de motores a gasolina.
- Diseñar un mecanismo que permita rectificar el asiento de una válvula para culatas (8V) de motores a gasolina.
- Construir un prototipo que permita el asentamiento de una válvula para culatas de (8V) de motores a gasolina.

#### **4. ESTADO ACTUAL.**

Con la industria automotriz creciendo a pasos agigantados, y el interés repentino por la optimización del consumo energético en aumento, muchas empresas dedican grandes sumas de dinero de su presupuesto anual a la investigación de nuevos materiales y tecnologías que les permitan optimizar el rendimiento y desempeño de tan codiciada industria. Es de esta manera como grandes universidades e investigadores de todo el mundo dedican su tiempo y recursos para encontrar soluciones efectivas al problema de la eficiencia energética.

Como ejemplo se encuentran los estudios realizados en el Reino Unido, en donde se estudia la influencia de los tiempos de cierre de válvulas en las cámaras de combustión para disminuir la emisión de gases al tiempo que se ahorra en el consumo de combustible. (J.P Zammit, 2014). Sin ir más lejos, en Brasil se estudia la manera de aumentar las propiedades mecánicas del acero utilizado en la fabricación de válvulas en motores a combustión cuando se someten a diferentes tratamientos térmicos. Según dichos investigadores, es posible mejorar la resistencia a la fatiga del acero X45CrSi93 con un proceso de nitruración, todo esto con la finalidad de prolongar la vida útil de las válvulas y garantizar un mejor aprovechamiento del material. (H.J.C Voorwald, 2011).

Pero la tecnología no solo se ocupa materiales extra duros capaces de soportar grandes cargas, también la impresión 3D incurre en muchos ámbitos de la investigación con su versatilidad y bajo costo. Atrayendo cada vez más usuarios a nivel no solo empresarial sino también unipersonal. Recientemente en Francia se pronostica que la impresión 3D impacta radicalmente los modelos económicos y esta puede ser peligrosa de maximizarse su uso a nivel unipersonal. (Thierry Rayna, 2014).

La universidad de Freiburg estudia la manera de implementar la técnica de la impresión 3D en la elaboración de herramientas para una planta de manufactura, aprovechando que los termoplásticos utilizados como materia prima tienen un bajo costo, no están restringido por leyes ambientales y su manufactura es de baja complejidad. (A. Kain, 2009).

Es así como las tecnologías se complementan para crear, innovar y descubrir nuevas formas de revolucionar la industria.

#### **4.1 LA CULATA (CYLINDER HEAD).**

La culata es un componente del motor ubicado encima del bloque. Su parte inferior cubre los cilindros formando las cámaras de compresión y es mecanizada para permitir un acople hermético con el bloque. Cuando el motor es de válvulas en la culata, ésta aloja las válvulas con sus asientos. Su finalidad es:

- Cubrir los cilindros del motor.
- Alojar el mecanismo de válvulas.
- Formar la cámara de compresión con la cabeza del pistón.
- Permitir la admisión del aire, la expulsión de gases, la lubricación y la refrigeración del motor, (posventa).

Existen básicamente dos tipos de culatas: Refrigeradas por aire y por agua o refrigerante, ver Figura 1. Las primeras, están provistas de nervios de refrigeración (aletas), con el objetivo de disipar la temperatura adquirida por la combustión y las refrigeradas por agua o por un refrigerante, (SENA, 2012).



**Figura 1** Culatas refrigeradas por Aire (Izq.), agua (Der.)  
Tomado de (Sena 2012).

#### **4.1.1 Material de las culatas.**

El material para la fabricación de las culatas generalmente es de acero aleado con las características que se mencionan:

- Aleación de aluminio: la culata se construye de aleación de aluminio, silicio y magnesio. Sus principales cualidades son una buena resistencia, peso reducido y gran transferencia de calor, lo que permite alcanzar rápidamente la temperatura de funcionamiento y facilita la refrigeración. Estas culatas son más caras de fabricar y son más frágiles porque sufren mayores deformaciones. Pero tienen la ventaja de su menor peso y su mayor capacidad de refrigeración del motor. Estas características hacen que las culatas de este tipo sean la más utilizadas actualmente. Se pueden montar tanto en motores con bloque de fundición como de aleación de aluminio.
- Hierro fundido: la culata se construye con una aleación de hierro, cromo y níquel, que la hacen más resistente y menos propensa a las deformaciones. Estas culatas admiten un mayor par de apriete y es más resistente a las deformaciones y tiene la desventaja de su mayor peso y su menor capacidad de refrigeración del motor, según (Meganeboy, 2014).

## 4.2 LAS VÁLVULAS.

Las válvulas son elementos que tienen la función de cerrar y abrir los conductos de admisión y de escape de gases generados en la combustión de la mezcla de aire y combustible en el motor.

Las válvulas de mayor aceptación actualmente son las denominadas “de plato”, debido a su forma de plato invertido en su parte vital, es decir, la que abre y cierra los conductos. Del centro de las mismas se inicia lo que se denomina “espiga”, una prolongación cilíndrica que mueve la válvula, aunque también es frecuente la denominación “informal” de llamar “cabeza” al plato de la válvula, y “cola” a la espiga.

La válvula, está formada por dos partes fundamentales: la cabeza y el vástago, (posventa) que sirve para guiar el movimiento y transmitir a la cabeza la carga del muelle de retención al que se fija con las medias chavetas, que disponen de unos resaltes internos que encajan en la escotadura dispuesta en el vástago de la válvula, quedando en posición por medio del platillo, ver Figura 2. Estas escotaduras suelen ser diferentes para las válvulas de admisión y para las de escape.

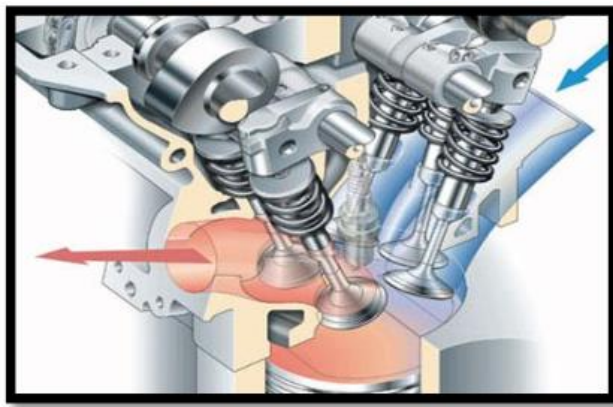
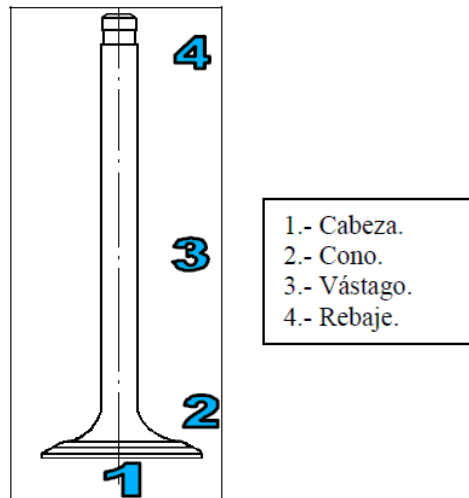


Figura 2 Funcionamiento de las Válvulas.  
(SENA, 2012).

Las válvulas que, como ya ha sido expuesto, tienen la misión de abrir y cerrar los orificios de entrada y salida de gases en cada ciclo, tienen el borde de la cabeza tallado en toda su periferia en forma de cono con una inclinación de  $45^{\circ}$ , para que,

al asentar en el correspondiente contra-cono de la culata se consiga un cierre hermético.

La cabeza lleva un vástago o cola perfectamente cilíndrica, gracias al cual toda la pieza se refrigera y se desplaza alternativamente dentro las guías, ver Figura 3. En su extremo lleva un rebaje para soportar el sistema de cierre de la válvula sobre la culata.



**Figura 3 Partes de una Válvula.**  
Tomada de Porras y Soriano.

Para las válvulas de escape se emplean aceros al cromo – níquel y al tungsteno–silicio, que son aleaciones que además de ser muy resistentes al calor y a la corrosión, tienen una elevada resistencia. Para evitar el desgaste el vástago se somete a un tratamiento de nitruración.

En las válvulas de admisión, se emplean aceros de menor calidad debido a las condiciones de trabajo menos rigurosas. Generalmente se trata de aceros al carbono, con pequeñas proporciones de cromo, silicio y níquel.

La cabeza de la válvula cuyo diámetro queda limitado por el tamaño de la cámara de combustión, debe tener las máximas dimensiones posibles. Como esto conlleva a problemas de sobrecalentamiento, hoy se utiliza la técnica denominada

multiválvulas o de montaje de varias válvulas por cilindro, con lo que se aumenta el rendimiento volumétrico y se consigue una mejor refrigeración.

Las dimensiones del diámetro del vástago de las válvulas para no sobrepasar los límites tolerables por los materiales usados debe ser de:  $\varphi = d/4$ , donde  $d$  es el diámetro de la cabeza de la válvula.

El ángulo de asiento  $\alpha$  más generalizado es el de  $45^\circ$  con el que se consigue un mejor llenado de los cilindros, aunque en algunos motores se usan  $30^\circ$ .

Los tipos de válvulas más usadas son los siguientes:

- **Válvulas de cabeza esférica:** Las cuales tienen la cabeza con forma abombada. Por su robustez son las más empleadas.
- **Válvula de cabeza plana:** Las cuales, aunque menos robustas que las anteriores, reducen los efectos de inercia, y se emplean en motores ligeros de pequeña y media cilindrada, ver Figura 4.

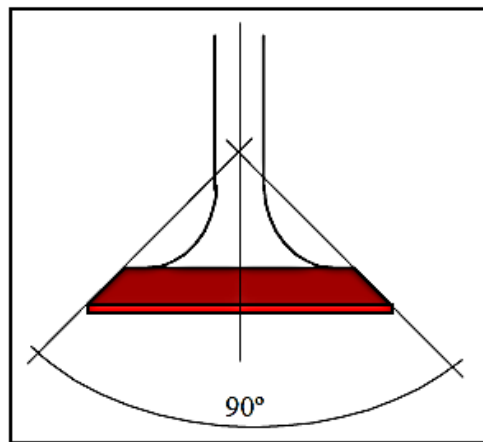
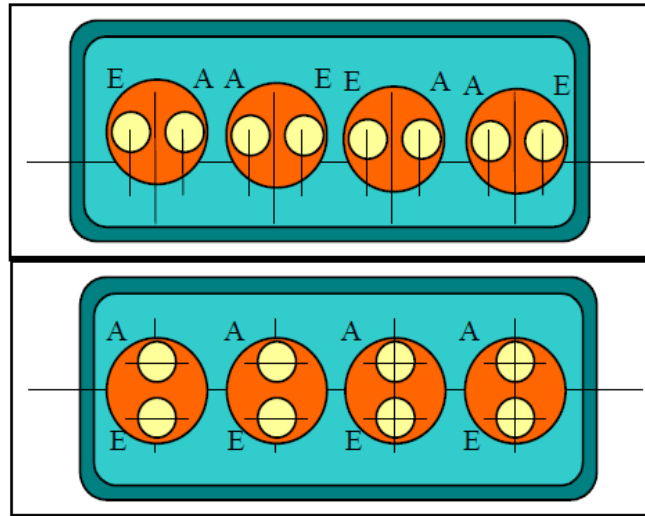


Figura 4 Válvula de Cabeza Plana.  
Tomada de (Soriano, Distribución, 2012).

La apertura de las válvulas puede hacerse por un solo árbol de levas, o por dos, uno para las válvulas de admisión y otro para las de escape, situados uno a cada

lado de la cámara de combustión. Según se utilice uno u otro modelo la disposición de las válvulas en la culata puede presentarse como se muestra en la Figura 5.



**Figura 5 Distribución de las Válvulas en doble línea.**  
Tomado de (Soriano, Distribución, 2012).

### 4.3 ASIENTOS DE LAS VÁLVULAS.

En este ámbito, se entiende por asiento, el lugar en el cual se forma el sello hermético de la válvula. Éste puede ser parte del mismo material de la culata o del bloque del motor, eso para el caso de los motores más antiguos (donde se usaba la fundición gris y no en material ligero). Las culatas que tienen el asiento en material ligero se les denomina postizo.

La ventaja de utilizar asientos postizos es la rectificación y recambio, por lo cual el cabezote puede durar toda la vida útil del motor, mientras no reciba un daño irreparable, como fisuras o rotura, (SENA, 2012)

El asiento está alojado dentro de la culata o cabezote, con una tolerancia de ajuste dentro del maquinado de la fundición original de la culata. Después de instalado, se debe rectificar, para que la superficie que está en contacto con la válvula pueda realizar el cierre hermético con la cámara de combustión.



Como la culata no puede soportar los impactos que se producen durante el funcionamiento de las válvulas, se colocan en ella los denominados asientos de válvulas, los cuales son sencillas piezas montadas a presión en alojamientos tallados en la propia culata, conformadas de forma que el cono de las válvulas asienta perfectamente en ellas, y construidas de un acero aleado al cromo-níquel con la dureza necesaria, tratado posteriormente a la fabricación mediante nitruración. (Soriano, Distribución, 2012)

#### **4.3.1 Inspección del asiento de la válvula.**

Durante la inspección del asiento de las válvulas se deben tener en cuenta varios pasos.

- 1) Limpie completamente las válvulas de admisión y escape para eliminar el exceso de carbonilla.
- 2) Aplique una ligera capa de azul de Prusia en cada asiento de la válvula.
- 3) Utilizando una herramienta de rectificado manual, ver Figura 3, golpee la válvula contra el asiento varias veces, sin girarla, para comprobar si el contacto de la válvula con el asiento es adecuado.

Cabe resaltar aquí que las válvulas no se pueden rectificar. Si la faz de la válvula presenta alguna de las siguientes condiciones, ésta se debe reemplazar (posventa)

- ✓ Aspereza.
- ✓ Marcas de recalentamiento.
- ✓ Desgaste o contacto irregular.

#### **4.3.2 Prueba de estanqueidad.**

La estanqueidad se realiza, por regla general, por medio de una superficie tronco-cónica tallada en la periferia de la cabeza, esta superficie se apoya sobre un asiento

que lleva tallado un contra-cono que asegura la hermeticidad. La válvula se abre desplazándose hacia el interior de la cámara de combustión, lo que favorece la estanqueidad ya que la presión de los gases se opone a su apertura.

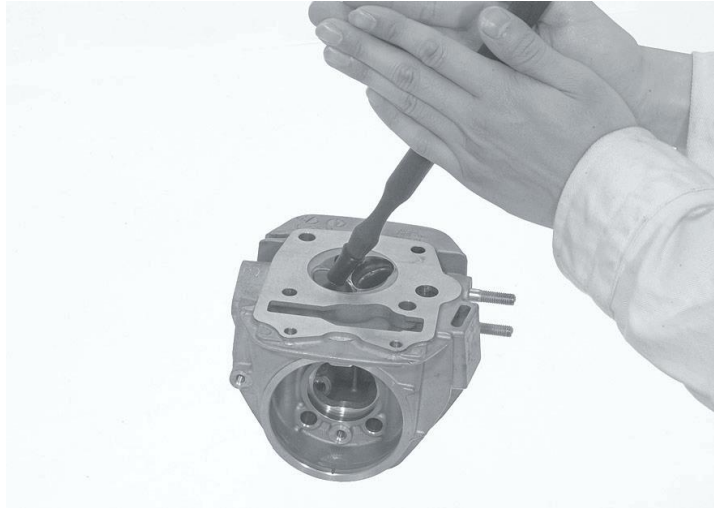
El desplazamiento que realiza la válvula desde su posición de cierre hasta la de máxima apertura se denomina *alzada*, la cual se logra gracias a la *leva o camón*, que accionada por su eje, el cual recibe el movimiento desde el cigüeñal, transmite el movimiento alterno a la válvula casi siempre por medio un *empujador*. (Soriano, Distribución, 2012).

Realizar la prueba de estanqueidad permite corroborar el grado de hermeticidad entre la válvula y la cámara. Una prueba de estanqueidad satisfactoria no permite la fuga de líquido entre estas superficies. Se aconseja además de la inspección visual realizar la prueba de estanqueidad para determinar la calidad del asentado.

#### **4.3.3 Cuidados a tener en cuenta durante el asentamiento de válvulas.**

El asentamiento de las válvulas se realiza mediante una herramienta de rectificado manual, ver Figura 6, y durante este proceso de debe tener los siguientes cuidados:

- No gire las válvulas en sus asientos con excesiva presión para evitar daños y deformaciones.
- No permita que la pasta de pulir penetre entre los vástagos y las guías de las válvulas.
- Después de rectificar el asiento, aplique una ligera capa de pasta de pulir en la faz de la válvula.
- Gírela con una pequeña presión contra el asiento.
- Después de terminado el pulimento, limpie los residuos de la culata y de las válvulas.
- Verifique nuevamente el contacto del asiento después del pulimento.



**Figura 6 Herramienta de Rectificado manual.**  
Tomada de (posventa).

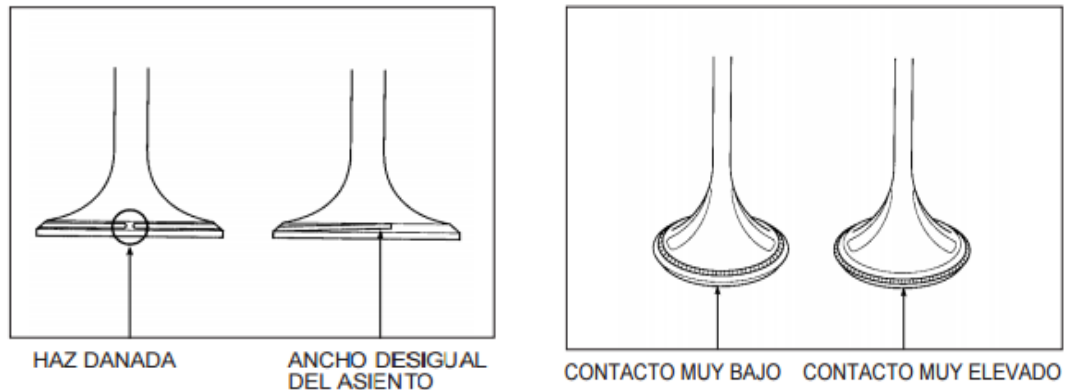
#### **4.3.4 Guía de las válvulas.**

La guía, permite el desplazamiento tanto descendente como ascendente de la válvula, para que ella cierre de forma centrada en su asiento. La válvula debe deslizarse dentro de la guía sin que esta última permita un juego axial, para que la válvula trabaje con exactitud y pueda realizar el sellado hermético en su asiento, (SENA, 2012).

#### **4.4 DIAGNÓSTICO DE FALLAS.**

Las fallas en la parte superior del motor generalmente afectan notablemente su rendimiento. Sin embargo, este problema puede diagnosticarse por medio de una prueba de compresión o por la detección de ruidos del motor con un estetoscopio.

Entre los problemas relacionados con válvulas más comunes se cuentan: Compresión muy baja, arranque difícil o bajo rendimiento en bajas revoluciones, Humo excesivo, Ruido excesivo, (posventa), ver Figura 7.



**Figura 7. Problemas comunes en las válvulas.**  
Tomada de (posventa).

#### 4.5 ENGRANAJES.

Se denomina engranaje al mecanismo utilizado para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y a la menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido.

#### 4.6 ENGRANAJES DE DIENTES RECTOS.

Los engranajes cilíndricos rectos son el tipo de engranaje más simple y corriente que existe. Se utilizan generalmente para velocidades pequeñas y medias entre ejes paralelos; a grandes velocidades, si no son rectificadas, o ha sido corregido su tallado, producen ruido cuyo nivel depende de la velocidad de giro que tengan.

Los ángulos de presión más comunes en los engranes rectos son de 14.5, 20, y 25 grados; el ángulo de presión es determinada por la acción que deseamos tenga el diente del engrane, ya que si procuramos una acción del diente más suave y silenciosa se usara un ángulo de presión más pequeño ya que este tiene una relación de contacto del perfil pero el problema es que tiene la desventaja que no puede transmitir la suficiente potencia tal y como lo haría un diente con un ángulo de presión mayor. (Engranajes, 2014).

#### **4.7 ESFUERZO DE DISEÑO.**

El diseño de elementos definidos por su resistencia consiste en evitar que los esfuerzos máximos igualen o sobrepasen los valores de esfuerzo que provocan la falla. Así, el *esfuerzo máximo* en un elemento debe ser *menor* que la *resistencia* de fluencia (para prevenir la falla por deformación plástica) y que la *resistencia* a la rotura (para prevenir la falla por fractura total). Estos objetivos se pueden lograr manipulando dimensiones, geometrías, materiales, tratamientos térmicos, entre otros factores.

El esfuerzo máximo en un elemento debe ser menor que la resistencia:

$$\text{Esfuerzo máximo} < \text{Resistencia.}$$

Para poder definir los materiales y los valores precisos de las dimensiones de los elementos a diseñar, se utiliza el concepto de 'esfuerzo de diseño', conocido también como 'esfuerzo admisible o permisible.

El **esfuerzo de diseño** es el máximo esfuerzo que debe soportar un elemento para que efectúe su trabajo con *seguridad*, es decir, con el fin de evitar su falla. Entonces, el esfuerzo de diseño debe ser menor que la resistencia del material. (Norton, 1992)

## **4.8 NORMAS.**

Las normas a las que se sujeta el desarrollo de este proyecto se describen a continuación.

### **4.8.1 AISI-SAE**

La norma AISI/SAE (también conocida por SAE-AISI) es una clasificación de aceros y aleaciones de materiales no ferrosos. Es la más común en los Estados Unidos. AISI es el acrónimo en inglés de American Iron and Steel Institute (Instituto americano del hierro y el acero), mientras que SAE es el acrónimo en inglés de Society of Automotive Engineers (Sociedad Norteamericana de Ingenieros Automotores).

En este sistema los aceros se clasifican con cuatro dígitos. El primero especifica la aleación principal, el segundo la aleación secundaria y con los dos últimos dígitos se conoce la cantidad de carbono presente en la aleación. (Ingemecánica, 2014)

### **4.8.2 ASTM (Association for Testing Materials).**

Las normas ASTM las usan los individuos compañías y agencias en todo el mundo. Los compradores y vendedores incorporan normas en sus contratos; los científicos e ingenieros las usan en sus laboratorios y oficinas; los arquitectos y diseñadores las usan en sus planos; las agencias gubernamentales de todo el mundo hacen referencia a ellas en códigos regulaciones y leyes: y muchos otros las consultan para obtener orientación sobre muchos temas. (Ingemecánica, 2014)

Las normas de ASTM son "voluntarias" en el sentido de que ASTM no exige observarlas. Sin embargo las autoridades gubernamentales con facultad normativa con frecuencia dan fuerza de ley a las normas voluntarias, mediante su cita en leyes, regulaciones y códigos.

### **4.8.3 DIN ('Instituto Alemán de Normalización')**

DIN es el acrónimo de Deutsches Institut für Normung. Es el organismo nacional de normalización de Alemania. Elabora, en cooperación con el comercio, la industria, la ciencia, los consumidores e instituciones públicas, estándares técnicos (normas) para la racionalización y el aseguramiento de la calidad. (DIN, 2012)

### **4.8.4 ISO**

La Organización Internacional para la Estandarización, ISO por sus siglas en inglés (International Organization for Standardization), es una federación mundial que agrupa a representantes de cada uno de los organismos nacionales de estandarización y que tiene como objeto desarrollar estándares internacionales que faciliten el comercio internacional.

Cuando las organizaciones tienen una forma objetiva de evaluar la calidad de los procesos de un proveedor, el riesgo de hacer negocios con dicho proveedor se reduce en gran medida, y si los estándares de calidad son los mismos para todo el mundo, el comercio entre empresas de diferentes países puede potenciarse en forma significativa. (Monterroso, s.f.).

### **4.8.5 SISTEMA ISO**

La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) estableció desde 1975 el sistema ISO para especificar la viscosidad de los aceites industriales. El sistema ISO clasifica la viscosidad de los aceites industriales en cSt (centistock) a 40°C, mediante un número estándar que se coloca al final del nombre del aceite industrial.

El uso de este sistema reduce las posibilidades de que el usuario se equivoque en la selección del aceite a utilizar ó que mezcle lubricantes de diferentes viscosidades.

Facilita además hallar de manera inmediata el equivalente en viscosidad de un aceite con otro puesto que el nombre del aceite debe traer al final el grado ISO correspondiente. (Soriano, uclm.es, 2013)

#### **4.8.6 AWS (American Welding Society)**

La AWS es la organización líder, sin fines de lucro, en el área de soldadura y disciplinas relacionadas con las uniones. Su misión es realizar avances en la ciencia, tecnología y aplicación de soldadura, uniones con aleaciones y procesos de corte. (WALWORTH, 2015)

### **5. METODOLOGÍA PROPUESTA.**

De acuerdo a las necesidades de nuestro proyecto, se decide implementar una metodología de Ingeniería concurrente (IC) para la fabricación del prototipo, porque esta permite, entre otras libertades, trabajar en paralelo el objetivo de diseñar y construir un asentador de Válvulas para motores a gasolina, de manera que se puede reducir costos al tomar decisiones tempranas para su fabricación.

(Biren, 1996), presenta como los principios básicos de la IC (Ingeniería Concurrente) las características generales que de modo transversal imprimen su sello en cada uno de los procesos de la organización. En otras palabras, son los conceptos-clave que permiten:

- Identificar un proceso dentro de la ingeniería concurrente.
- Trabajo estructurado.
- Aprovechamiento del conocimiento común entre los miembros de cada equipo y entre los equipos de trabajo.
- Estimulación del trabajo en equipo.
- Toma temprana de decisiones de fabricación.
- Descubrimiento temprano de problemas.
- Conservación del propósito por parte de todo el personal vinculado a los procesos.
- Sentido de propiedad, en tanto que el proyecto es resultado de la concertación.

La metodología de Ingeniería concurrente (IC) más conocida y con mayor eco entre las empresas ha sido el diseño para la fabricación y ensamble, DFMA,



probablemente debido a que su aplicación ha permitido en gran medida racionalizar la fabricación de muchos productos y obtener importantes ahorros de costes, (Carlos Riba, 2006).

El ciclo de beneficios de la ingeniería concurrente se cierra con el logro de las metas organizacionales como pueden ser la convicción con resultados de que la calidad es inherente al producto desde su concepción; tal como lo expone Riba (2006), con la IC se busca considerar todos los requerimientos de calidad desde la etapa de diseño en lugar de ser incorporada en un proceso posterior, con lo cual se asegura que el producto responda a todas las necesidades y requerimientos de los usuarios; además, se establecen criterios, parámetros y tolerancias adecuados para una fabricación y funcionamiento robusto del producto, lo que a su vez redundará en una mayor competitividad de la organización en su medio y realza la reputación de la compañía y de sus productos.

## **5.1 PARÁMETROS DE LAS CULATAS DE 8 VALVULAS DE MOTORES A GASOLINA.**

Para el desarrollo de este proyecto se estudiaron las culatas de los automóviles: Renault 9 1400cc, Renault 9 1600cc, Renault Logan, Renault Megan. La razón para realizar dichas mediciones consiste en encontrar las dimensiones y tolerancias adecuadas que permitan un funcionamiento ligero y práctico del mecanismo.

Durante este estudio se tomaron en cuenta aspectos como: distancias entre los agujeros roscados, distancias que separan cada válvula, ángulos de incidencia, distancia del borde de la culata al centro de la válvula, ver Figura 8, la cantidad de agujeros roscados, la profundidad y diámetro de los mismos y posteriormente, se registraron en la Tabla 1 los datos para determinar las restricciones que se debían tener en cuenta durante la construcción del prototipo de asentador de válvulas y así

garantizar su perfecto funcionamiento en cualquier tipo de culata de 8 válvulas de motores a gasolina, ver Figura 9.



Figura 8 Obtención de Dimensiones de las culatas.

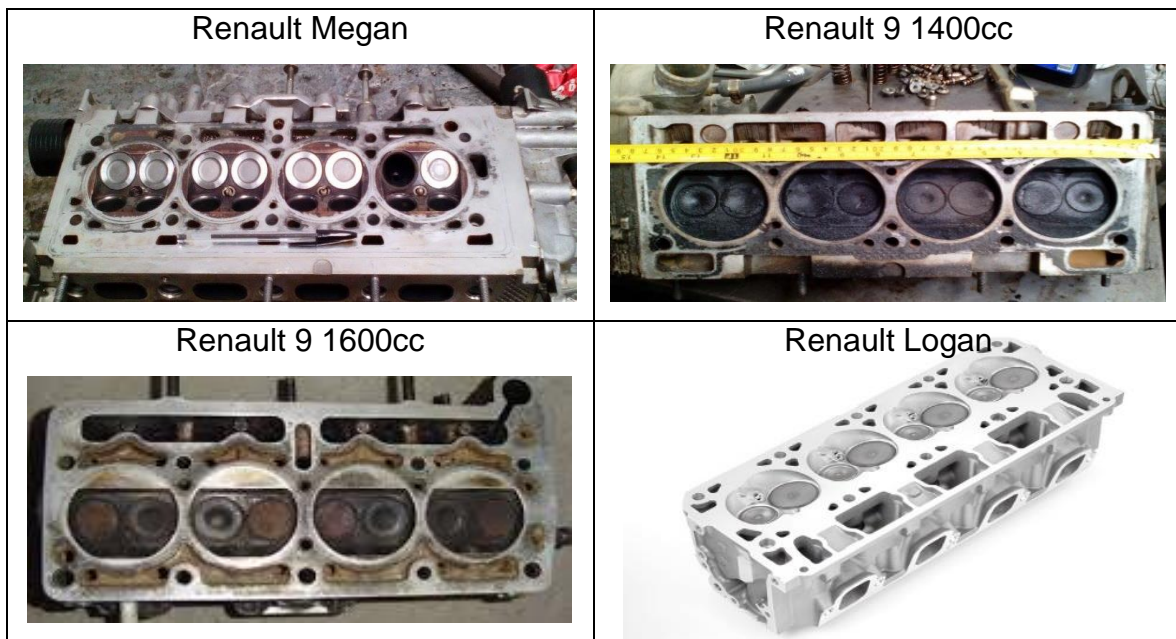


Figura 9. Culatas de carros de 8 válvulas usadas en el presente trabajo.

En la Figura 10 se muestran algunas de las cotas tomadas como referencias para la selección de parámetros. Los parámetros medidos a las culatas de los automóviles antes mencionados se muestran en la Tabla 3.

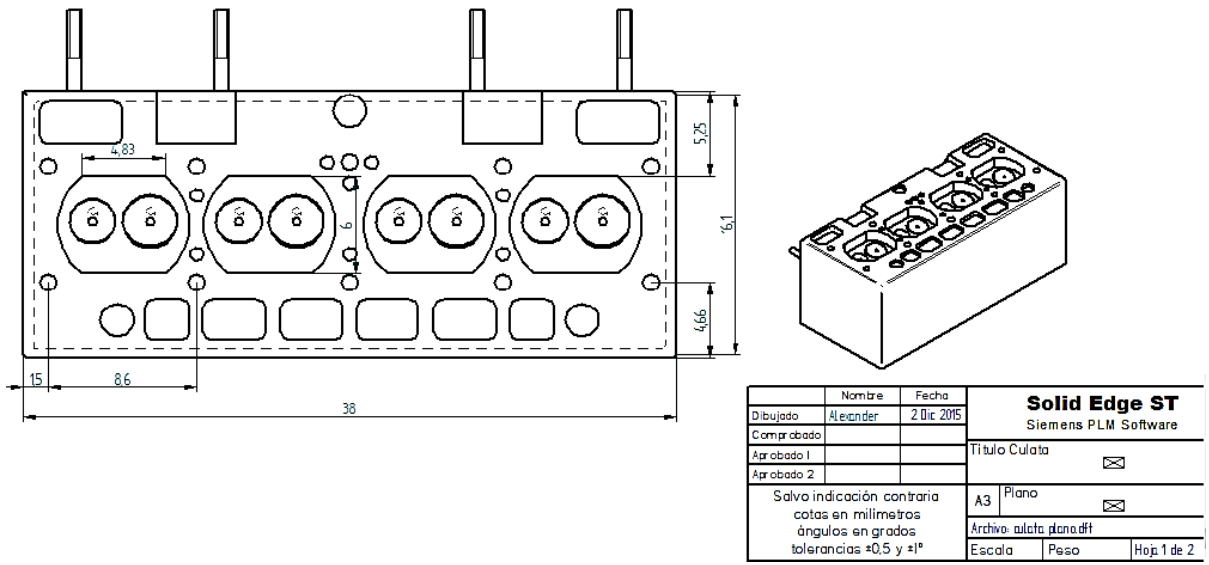


Figura 10 Recolección y tabulación de dimensiones de la culata Renault 9 (1400cc)

Tabla 1. Parámetros medidos sobre las culatas de Renault (9 1400cc, 9 1600cc, Logan, Megan).

Parámetros		Renault Megan	Renault 9 1400	Renault 9 1600	Renault Logan
Separación entre válvulas (mm)		3	3	3	3
Ángulos de incidencia (°)		15	18	16	19
Distancia del borde de la culata al centro de la válvula (mm)		81	76	72	81
Agujeros	Número	5	5	5	5
	Profundidad (mm)	120	120	120	120
	Diámetro (mm)	10	10	10	10
Diámetro de la Válvula de admisión (mm)		35	33	33	35
Diámetro de la Válvula de escape (mm)		33	31	31	33
Distancia entre cilindros (mm)		88	85	92	85,5

## 5.2 SELECCIÓN DE PARÁMETROS DE LA CULATA.

Se considera importante contar con un instrumento que facilite, guiados por los parámetros de la culata, la obtención de datos relevantes para la construcción del prototipo final; es por ello que se decide construir un prototipo inicial en madera y

PVC. Su manipulación directamente sobre las culatas estudiadas, sin duda generó muchas ideas y disminuyó el margen de error para cuando se decidió construir el prototipo final.

Una vez se considera que el CAD reunió todas las cualidades para su correcto funcionamiento como prototipo inicial de asentador de asientos de válvulas para culatas de 8 válvulas a gasolina, se procedió a su manufactura. Por esta razón, se decidió implementar dos materiales base como lo son la madera MDF y el PVC para su construcción. La razón primordial para seleccionar estos materiales en la construcción del primer prototipo de asentador es por su versatilidad, fácil maquinado y reducido costo. Las piezas en madera tienen 2 espesores distintos; La primera de 30 mm para su base fija, la cual está directamente en contacto con la culata y se sujeta con los mismos tornillos que se disponen para fijar la culata al motor. La segunda de 9 mm se utiliza para fijar el vástago superior a la corredera de la base fija, tal y como se muestra en la Figura 11.

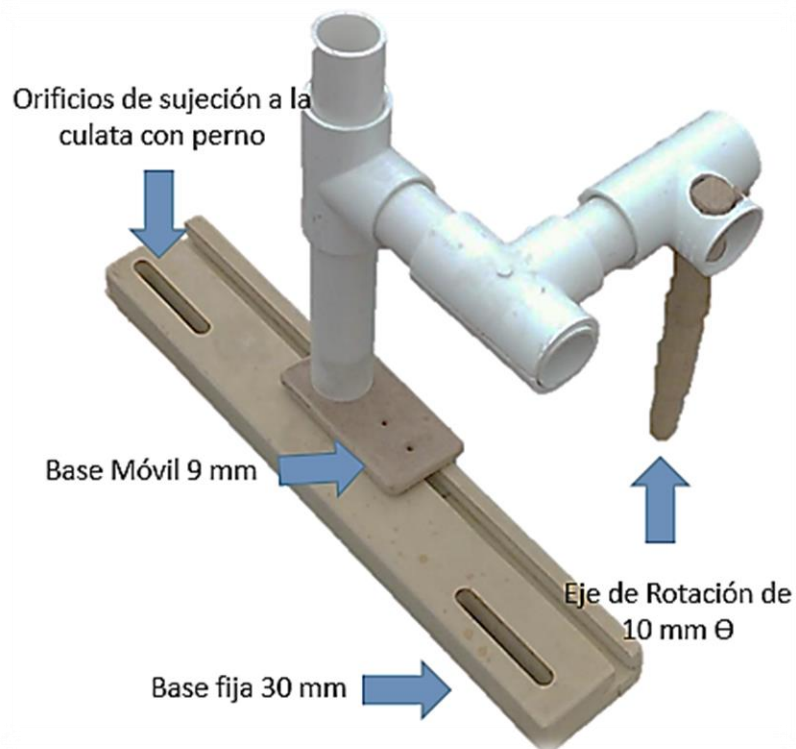


Figura 11 Prototipo 1 Asentador en Madera MDF y PVC.

El tubo PVC utilizado para el primer prototipo del asentador de válvula tiene un diámetro de 1 pulgada al igual que las uniones “T” del mismo material.

El prototipo inicial mostrado en la Figura 11 nos permitió experimentar sobre la culata para tomar decisiones importantes durante la construcción del prototipo final que se expondrá más adelante en este trabajo.

El prototipo final no soporta grandes esfuerzos estáticos que puedan afectar su estructura de manera significativa, lo que sí es bien sabido, es que el asentador propuesto estará sometido a esfuerzos dinámicos importantes debido a la rotación constante que su eje ejerce sobre la válvula.

Luego de un análisis minucioso y con la ayuda del prototipo 1, se llegó a la conclusión de que el mecanismo asentador de válvulas debía tener las dimensiones (en mm) mostradas en la Tabla 2.

**Tabla 2.**Tabla de parámetros seleccionados para el prototipo asentador de válvulas.

<b>Parámetros seleccionados</b>		
<b>Separación entre válvulas (mm)</b>		3
<b>Ángulos de incidencia (°)</b>		N.A
<b>Distancia del borde de la culata al centro de la válvula (mm)</b>		70
<b>Agujeros</b>	<b>Número</b>	5
	<b>Profundidad (mm)</b>	120
	<b>Diámetro (mm)</b>	10
<b>Diámetro de la Válvula de admisión (mm)</b>		33
<b>Diámetro de la Válvula de escape (mm)</b>		33
<b>Distancia entre cilindros (mm)</b>		N.A

\*N.A: No aplica, dado que el prototipo diseñado permite cualquier distancia entre cilindros y cualquier ángulo de incidencia.

### **5.3 DISEÑO DEL PROTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.**

#### **5.3.1 Criterios de Diseño.**

En el diseño de cualquier elemento de máquina es necesario conocer las diferentes propiedades mecánicas de los materiales que se implementarán, con el fin de hacer una correcta selección de éstos. Algunas de las propiedades más importantes son las resistencias a la tracción, a la compresión, dureza, resistencias de fluencia, tenacidad, ductilidad y fragilidad. En esta apartado se estudia brevemente un conjunto de propiedades relevantes en el diseño.

Los cálculos del prototipo se hicieron teniendo en cuenta los esfuerzos normales y las deflexiones o deformaciones por efectos de carga propias del mecanismo. El prototipo considera sus esfuerzos cortantes y normales los cuales se establecen posteriormente en la sección de cálculos.

El electrodo 6010 utilizado en la construcción de las piezas, es un electrodo revestido con alto contenido de celulosa, diseñado para proporcionar un arco uniforme y estable con suficiente fuerza para lograr una penetración profunda dentro del metal base. Este electrodo muestra una gran eficiencia de deposición y poca perdida por salpicadura. Produce un charco de soldadura que se humedece y distribuye bien, mientras que se fija con suficiente rapidez para hacer que este electrodo sea ideal para tecnicas de soldadura vertical hacia arriba o hacia abajo.  
(co, s.f.)

#### **5.3.2 Propiedades mecánicas típicas del depósito de la soldadura**

Limite elástico (psi) 61,000

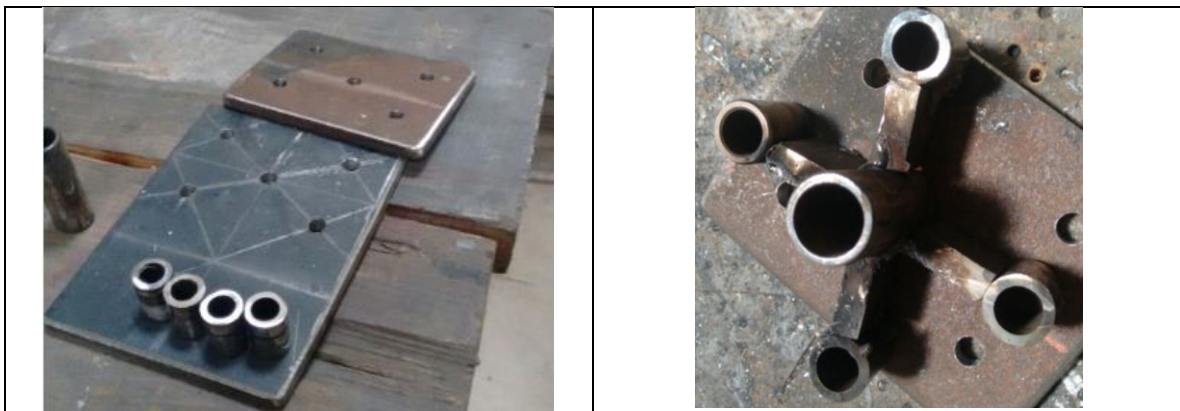
Resistencia a la tensión (psi) 70,000

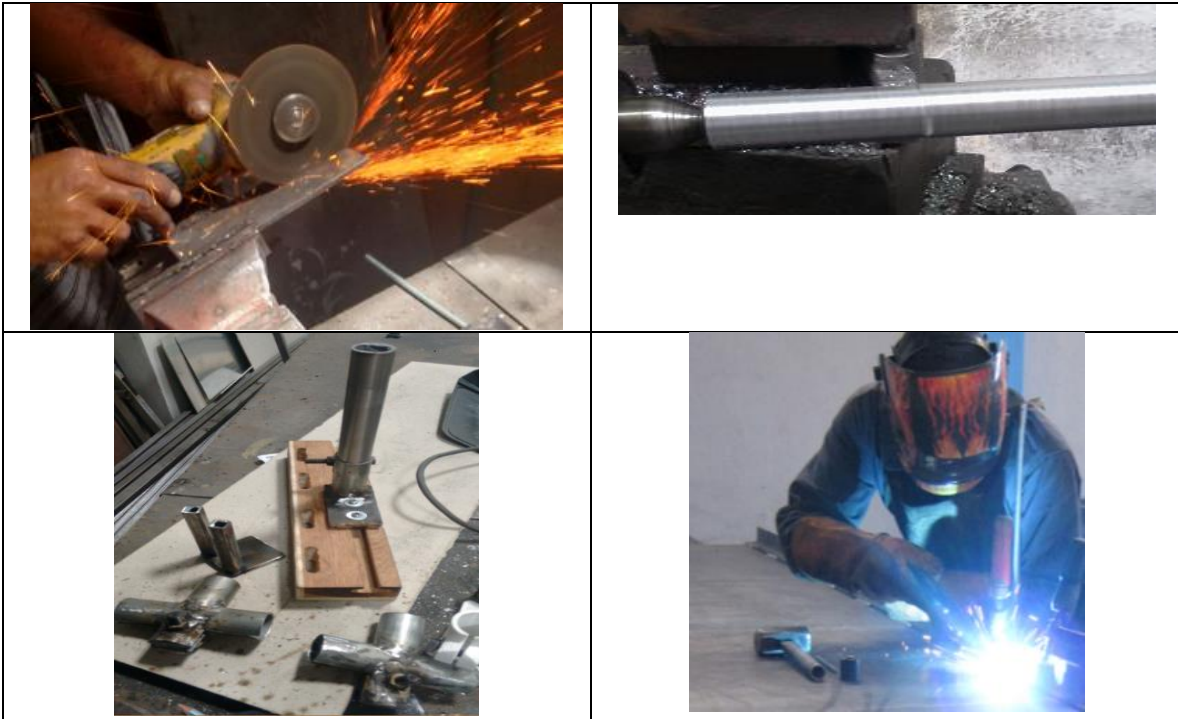
En función de la tecnología que se tenía a la mano y de los recursos financieros para la construcción del prototipo se decidió manufacturar algunos elementos con cada una de las especificaciones que el lector encontrará a continuación

El mecanismo de cuatro barras diseñado, consta de tres pares cinemáticos, dos grados de libertad y un eje de torsión. Así mismo, la bancada del mismo es auto ajustable según se requiera y lo exija la culata del carro. Para dicho propósito, se usó cerca de su base una corredera para permitir el desplazamiento suave y recto del mecanismo cuando se necesite trasladarlo en una única dirección. De manera similar, el asentador de válvulas consta de otras dos correderas que permiten ajustar el movimiento en los dos ejes coordenados faltantes. Por tanto, el mecanismo permite modificar la posición en el espacio para cualquier tipo de culata de carro de 8 válvulas a gasolina, al igual que su ángulo de incidencia sobre la culata a asentar.

Para la fabricación de cada uno de los componentes del prototipo en acero al bajo carbono (ver Tabla 3), lo que garantiza excelente soldabilidad y maquinabilidad, se utilizan las especificaciones, normas y propiedades mecánicas descritas en la Tabla 4.

**Tabla 3 Corte y unión por soldadura SMAW**





En la Figura 12 se ilustra la libertad que tiene el mecanismo para ser ajustado mediante mariposas de sujeción en cualquier posición, permitiendo de esta manera utilizarse en una gran variedad de culatas.

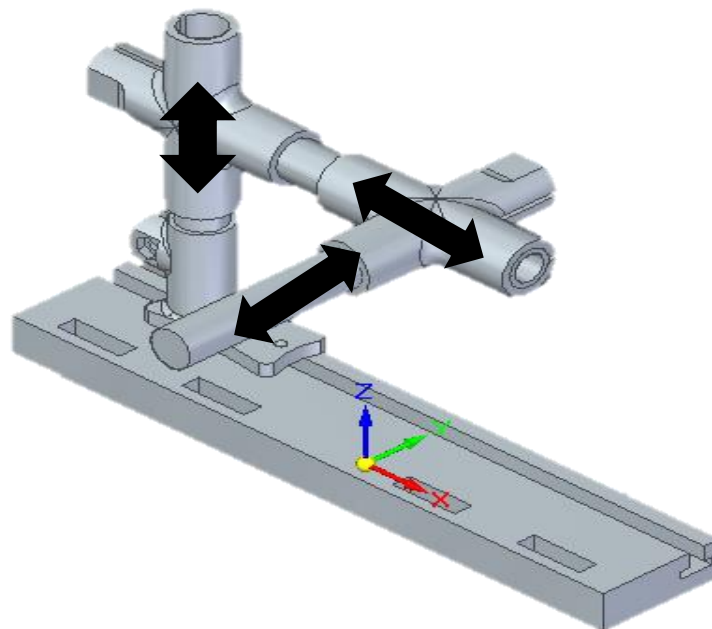


Figura 12 Ajustes de Posición del prototipo asentador de válvulas.



Así mismo, el mecanismo permite su operación con válvulas en diferentes grados de inclinación. Tal y como aparece en la Figura 13, el cual puede variar unos 15 grados según el modelo. (Restrepo, 1983).



Figura 13 Vista Lateral de válvula del Prototipo en Diferentes Ángulos

El prototipo asentador de válvulas consta de las partes mostradas en la Tabla 4. Allí también se especifican en detalle las características y propiedades del material utilizado para su construcción.

Tabla 4. Propiedades mecánicas de los elementos del prototipo asentador de válvulas.

Elemento del prototipo	Propiedades mecánicas del elemento
1. Base Fija con Guía	<p><b>Material:</b> Madera sapan (<i>Clathrotropis brachypetala</i>). Grano de recto a entrecruzado, textura mediana, brillo mediano. Veteado muy asentuado.</p> <p>Flexión estática: <math>246 \cdot 10^3</math> kg/cm<sup>2</sup>.                      Compresión: 975 kg/cm<sup>2</sup>.                      Cizalladura: 137 kg/cm<sup>2</sup></p> <p><b>Características:</b> Trabajabilidad: Moderadamente difícil de labrar con herramientas manuales</p>
2. Carro Deslizante	<p><b>Material:</b> Acero AISI SAE 1020</p> <p>Dureza Brinell: 111                      Esfuerzo de fluencias: 205 MPa.</p>

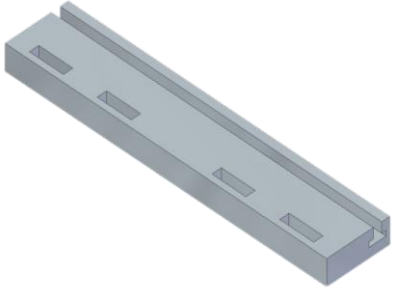
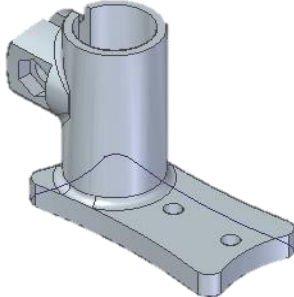
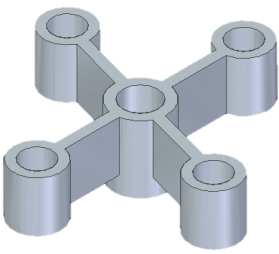

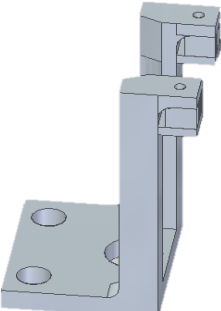
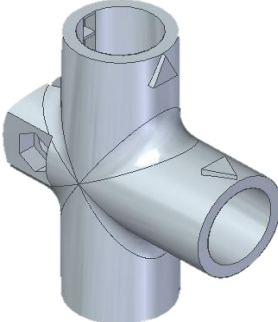
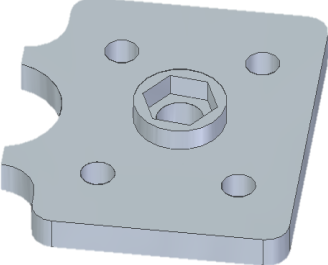
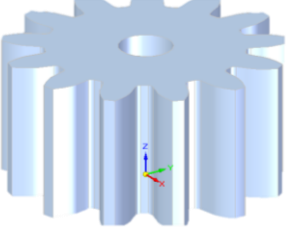
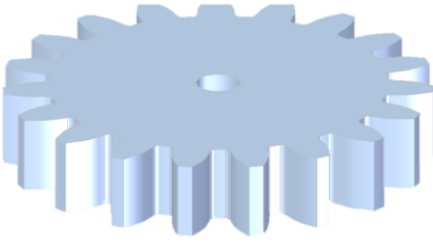

	<p>Esfuerzo máximo: 380 MPa.  Módulo de elasticidad: 205 GPa.  <b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad.</p>
3. Araña Guía	<p><b>Material:</b> Acero ASTM A36  0.26% máximo de Carbono  Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>  <b>Características:</b> Fácilmente unido mediante casi todos los procesos de soldadura  Esfuerzo de fluencia: 250 Mpa.  Esfuerzo último de ruptura en tensión 400 Mpa</p>
4. Base inferior plataforma de transmisión de 6,5 mm (calibre 1/4´)	<p><b>Material:</b> Acero SAE A36  0.26% máximo de Carbono  Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>  Fácilmente unido mediante casi todos los procesos de soldadura  Esfuerzo de fluencia: 250 Mpa.  Esfuerzo último de ruptura en tensión 400 Mpa</p>
5. Soporte del motor	<p><b>Material:</b> Acero SAE A36  0.26% máximo de Carbono  Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>  Fácilmente unido mediante casi todos los procesos de soldadura  Esfuerzo de fluencia: 250 Mpa.  Esfuerzo último de ruptura en tensión 400 Mpa</p>
6. Junta en T	<p><b>Material:</b> : Acero AISI SAE 1020  Dureza Brinell: 111  Esfuerzo de fluencias: 205 MPa.  Esfuerzo máximo: 380 MPa.  Módulo de elasticidad: 205 GPa.  <b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad</p>
7. Base superior plataforma de transmisión de 6,5 mm (calibre 1/4´)	<p><b>Material:</b> : Acero SAE A36  0.26% máximo de Carbono  Densidad: 7850 kg/m<sup>3</sup>  Fácilmente unido mediante casi todos los procesos de soldadura  Esfuerzo de fluencia: 250 Mpa.  Esfuerzo último de ruptura en tensión 400 Mpa</p>
8. Piñón 14 dientes	<p><b>Material:</b> Hierro fundido gris  <b>Designación:</b> ASTM N<sub>o</sub> 20  <b>Características:</b> 2,5 - 4 % C  <b>Dureza:</b> 156 HB  <b>Resistencia a la Tensión:</b> 22 kpsi</p>

	<b>Módulo de elasticidad en torsión:</b> 3.9-5.6 Mpsi <b>Módulo de ruptura al cortante:</b> 26 kpsi .
9. Corona 20 dientes	<b>Material:</b> Hierro fundido gris <b>Designación:</b> ASTM No 20 <b>Características:</b> 2,5 - 4 % C <b>Dureza:</b> 156 HB <b>Resistencia a la Tensión:</b> 22 kpsi <b>Módulo de elasticidad en torsión:</b> 3.9-5.6 Mpsi <b>Módulo de ruptura al cortante:</b> 26 kpsi (Ingeniería Mecánica, 2014)
10. Leva excéntrica	<b>Material:</b> Acero Inoxidable AISI 304 Normatividad: ASTM A 276 Resistencia a la fluencia: 310 Mpa Módulo de elasticidad 200 GPa Características: Buena resistencia a la corrosión, baja conductividad térmica. Cromo 17 -20% Níquel 8-13%
11. Mariposa de sujeción	<b>Material:</b> Acero AISI SAE 1020 Dureza Brinell: 111 Esfuerzo de fluencias: 205 MPa. Esfuerzo máximo: 380 MPa. Módulo de elasticidad: 205 GPa. <b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad.
12. Corredera	<b>Material:</b> Acero AISI SAE 1020 Dureza Brinell: 111 Esfuerzo de fluencias: 205 MPa. Esfuerzo máximo: 380 MPa. Módulo de elasticidad: 205 GPa. <b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad.
13. Eje 8 mm	<b>Material:</b> Acero bajo carbono <b>Normatividad:</b> ansi b1.1 <b>Acabado:</b> Simple <b>Grado:</b> 4 <b>Dureza:</b> B70 <b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad.
14. Tornillo Roscado 8 mm	<b>Material:</b> Acero bajo carbono <b>Normatividad:</b> AISI b1.1 <b>Acabado:</b> Simple <b>Dureza:</b> B70 <b>Grado:</b> 2

	<p><b>Características:</b> Excelente soldabilidad y alta tenacidad. Límite elástico: 240 N/mm<sup>2</sup></p>
15. Muelle	<p><b>Material:</b> Acero (alambre de piano N° 7/16"). Ver numeral 5.3.1</p>
16. Rodamiento 626-2RS C3	<p>Rodamiento de bolas</p>
17. Tuerca hexagonal Aro 2 de 12 mm	<p><b>Material:</b> Acero al carbono <b>Dureza:</b> B69 a B100 <b>Acabado:</b> Simple <b>Normatividad:</b> ASME B16.2.2/SAE J995 <b>Aplicaciones:</b> Se utilizan como elementos de seguridad en los tornillos</p>
18. Tornillo de Potencia auto-bloqueante A307 A de 15,8 mm	<p>Material: Acero bajo-medio carbón Normatividad: AISI 1010-1050 Norma dimensional: ANSI/ASME B18.2.1 Dureza: 69-100 HB Resistencia mínima a la tensión: 413 Mpa</p>
19. Dos Moto-reductores eléctricos 12 V	<p><b>Potencia:</b> 2 W Torque 0.03 kg.m</p>
20. Tubo de Acero Inoxidable austenítico de 1 pulg	<p><b>Material:</b> Acero AISI ASTM 316-L. Cromo (16-18 %) Resistencia a la tracción: 481 MPa. Rugosidad: R<sub>a</sub>= 0.5 micrones. Características: Acabado unidireccional uniforme.</p>
21. Chupa de caucho	<p><b>Material:</b> elastómero. <b>ASTM D-412</b></p>
22. Tornillo Bristol con cabeza rosca ordinaria  4,7 mm y 8 mm	<p><b>Normatividad:</b> ASTM A574, ANSI 818.3 <b>Dureza:</b> C37 a C45 <b>Acabado:</b> Negro <b>Material:</b> Acero aleado <b>Fuerza de torque:</b> 180 KPSI Disponibles en grado 8.8 y 12.9</p>

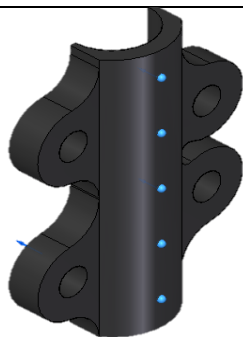
En la Tabla 5 se muestran las piezas por separado del prototipo.

Tabla 5 Componentes del prototipo asentador de válvulas.

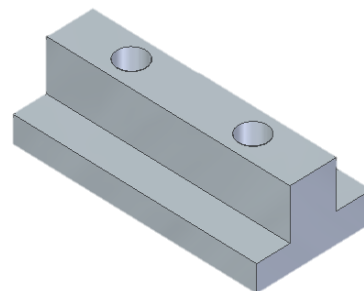
<p>1</p> 	<p>2</p> 
<p>3</p> 	<p>4</p> 
<p>5</p> 	<p>6</p> 
<p>7</p> 	<p>8</p> 
	<p>10</p> 

9

11



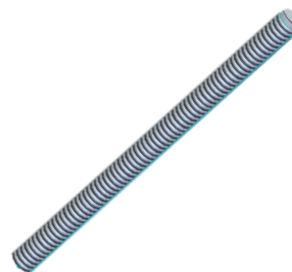
12



13



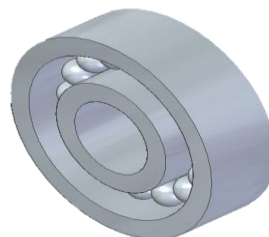
14



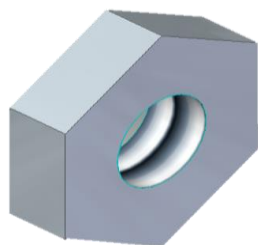
15



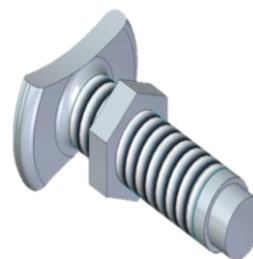
16

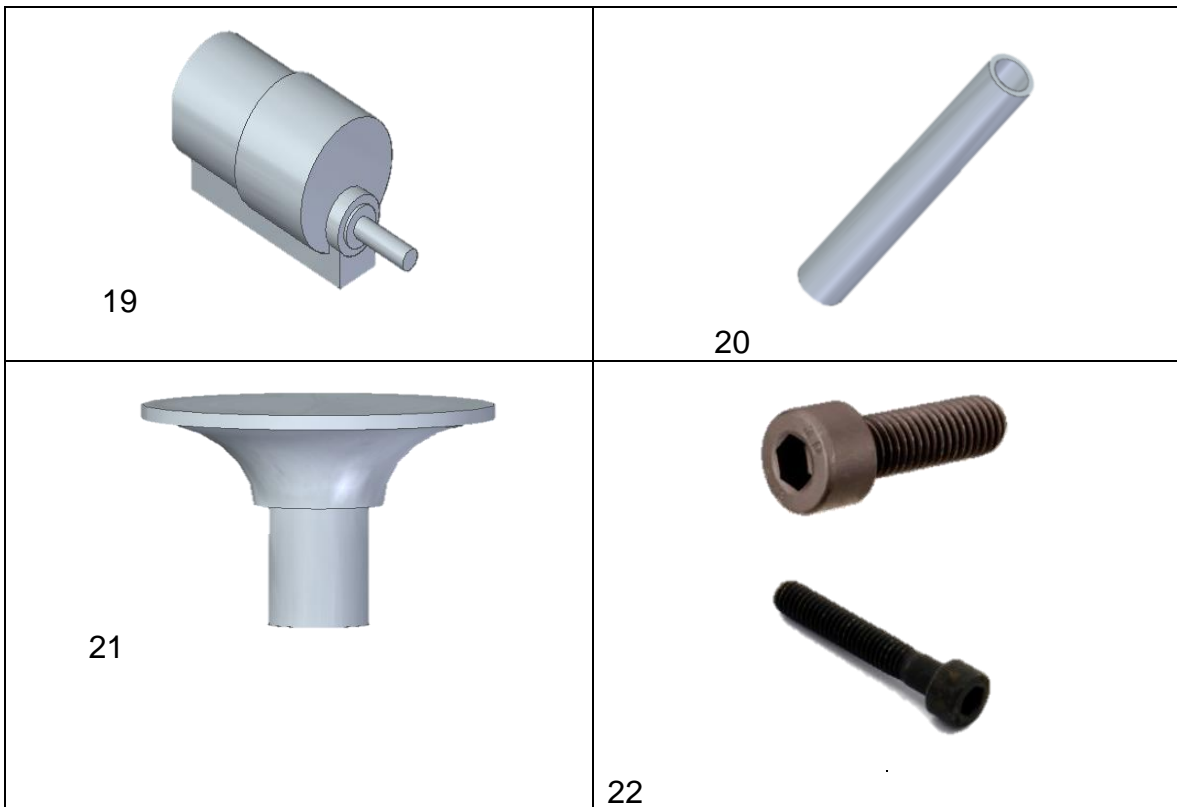


17



18





Para su construcción se usaron varios materiales por diversas razones.

- ✓ Reducido costo en el mercado
- ✓ Versatilidad
- ✓ Fácil maquinado
- ✓ Tecnología Disponible.

Todos los componentes descritos a continuación han sido diseñados con base a parámetros obtenidos mediante medición directa o por inspección visual gracias a nuestro prototipo 1 inicialmente fabricado en madera y PVC.

La pieza número 1 se diseñó con base en los parámetros seleccionados y fue construida en madera Zapan.

Las Piezas 2 a 13, a excepción del par de engranes, se diseñaron en un CAD y fueron construidas mediante la técnica de unión por soldadura SMAW con un electrodo E 6010 especificado según normas de AWS 5.5 que se aplica para aceros de baja aleación (American Welding Society).

Las piezas 14 a 21 se compraron según criterios de nuestro diseño y no necesitaron ser creadas o calculadas en CAD por ser de fácil obtención en el comercio.

### **5.3.3 Selección de la relación de engranes,**

Para ciertas combinaciones de números de dientes en un engranaje se presenta interferencia entre la punta del diente en el piñón y el chaflán o raíz del diente en el engrane. Es obvio que esto no puede tolerarse porque los engranes no coincidirían. Es responsabilidad del diseñador asegurar que no se presente interferencia en una aplicación en particular. La forma más segura de hacer esto es controlar el número mínimo de dientes en el piñón conforme a los valores límite que se muestran. (Lingegni)

Un piñón de 14 dientes necesita un engrane que tenga 26 dientes o menos

Por lo anterior se asume que la relación de engranes es completamente válida.

### **5.3.4 Cálculo del resorte helicoidal.**

El diseño del resorte helicoidal se calcula siguiendo las cuantificaciones de Diseño en Ingeniería Mecánica, (Nisbett, 2012). Para tal fin se describe a continuación el material usado en el resorte del prototipo:

**Alambre de piano:** Éste es el mejor, el más tenaz y el más empleado de todos los materiales para fabricar resortes pequeños. Presenta la mayor resistencia a la tensión y puede soportar mayores esfuerzos ante cargas repetidas que cualquier otro material para resorte. Disponible en diámetros de 0.12 a 3 mm (0.005 a 0.125 pulg). No se use a temperaturas mayores de 120°C (250°F), o a temperaturas bajo cero. (Nisbett, 2012).

Para la construcción del prototipo se estima un resorte a compresión hecho de alambre de piano núm 26. El diámetro exterior del resorte es de 7/16 de pulgada. Los extremos están a escuadra y tienen un total de 10 vueltas.



Para tal resorte se considera:

- I. Esfuerzo de Fluencia a la torsión del alambre.
- II. Carga estática correspondiente al esfuerzo de fluencia.
- III. La deflexión que ocasionaría la carga estática correspondiente al esfuerzo de fluencia.
- IV. Longitud sólida del resorte.
- V. ¿Es posible que se presente pandeo?
- VI. Cuál es el paso de las espiras del cuerpo.

Para los cálculos mencionados anteriormente tenemos relacionados los siguientes ítems según tablas de diseño y su respectivo ítem:

$$d = 0.063 \text{ pulg}$$

$$A = \text{Intersección de la curva} = 201 \text{ kpsi. (Constante)}$$

$$m: \text{Es la pendiente de la recta} = 0.145$$

I.  $S_{ut}$ : Es el esfuerzo de fluencia a la torsión = 300 kpsi

$$S_{sy} : \text{es el esfuerzo de fluencia al corte} = 135 \text{ kpsi}$$

$$D: \text{Es el diámetro medio de la espira} = 0.37 \text{ pulg}$$

$$C : \text{es Relación de diámetros} = 5.94$$

II.  $K_b$ : Es el factor de Bergsträsser = 1.24

$$F: \text{es la fuerza} = 28,97 \text{ lbf}$$

$$N_a: \text{es el Número de espiras activas} = 8 \text{ vueltas}$$

$$G: \text{es el módulo de Young} = 11.75 \text{ Mpsi.}$$

$$k : \text{Es la Escala del resorte} = 57,1 \text{ lbf/pulg}$$

III.  $y$ : es el Deflexión total = 0,5 pulg

$$L_s \text{ es la Longitud Sólida} = 0.7 \text{ pulg}$$

IV.  $L_o$  es la Longitud Libre = 1.2 pulg.

$$\alpha : \text{es la constante para resorte apoyado entre superficies planas paralelas} = 0.5$$

$$\text{Para extremos a escuadra y esmerilados } \alpha = 0.5 \text{ y } L_o < 5.26D.$$

V. Matemáticamente, una longitud libre de 1.2 pulg es menor que 1.94 pulg, por lo que el pandeo es improbable.

VI. *P es el Paso de las espiras = 0.13 pulg.*

### 5.3.5 Cálculo de la potencia del motor.

Para su selección se toma un factor de diseño de 1.5

*F es la fuerza = 30 Newton*

*T es el torque = 0,36 N.m*

*n número de revoluciones por minuto = 120 rpm (Ideal)*

*$\omega$  velocidad angular =  $\pi * n / 30$  rad/s*

*$\mu$  es el coeficiente de fricción estático = 0,6*

De esta manera la potencia H se obtiene en watts aproximadamente por

$$H = T * \omega$$

$$H = 6.8 \text{ Watts}$$

Donde *H* es la Potencia, W

*T* es el par de Torsión

*n* se expresa en revoluciones por minuto

$\mu$  = Coeficiente de fricción estático

### 5.3.6 Cálculos de esfuerzos.

En la Figura 14, se muestra el diagrama de cuerpo libre del prototipo asentador de válvulas, sobre el cual se realizan los cálculos de las reacciones del mismo.

$$\Sigma M_a = 0$$

$$C_y(0,3m) + D_y(0,14m) - (W * 0,18) - M_a = 0$$

$$M_a = -27,39 \text{ N.m}$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$C_y + A_y + D_y = W$$

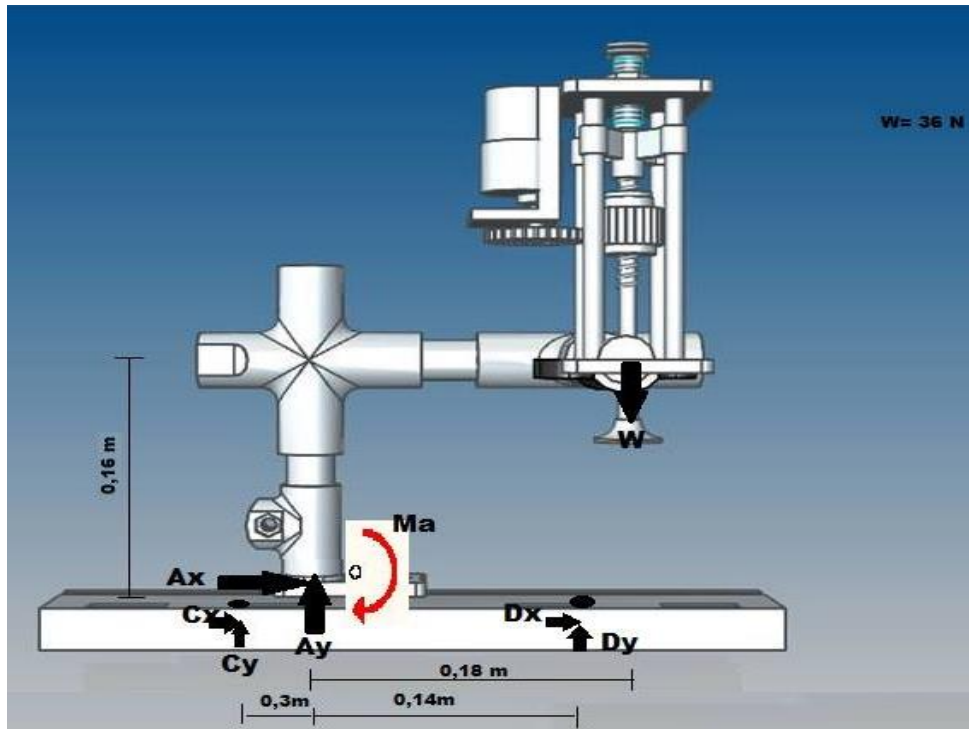


Figura 14 Cálculo de reacciones en el prototipo

En la Figura 15 se muestra el Diagrama de Cuerpo libre usado para el cálculo de las reacciones sobre la base de madera del prototipo.

### DCL1 (Diagrama de cuerpo libre 1)

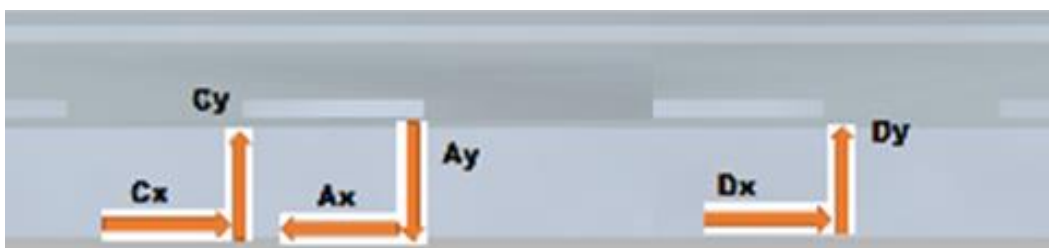


Figura 15 Cálculo de reacciones en la base de madera Sapán

$$\Sigma M_c = 0$$

$$A_y(0,3m) + D_y(0,17m) = 0$$

$$A_y = D_y(0,57)$$

$$D_y = 63,16 N$$

$$\Sigma F_y = 0$$

$$C_y + 0,57Dy + D_y = 0$$

$$C_y = -1,57D_y$$

$$C_y = -99.16 \text{ N}$$

En la Figura 16 se muestra el Diagrama de cuerpo libre del tubo de acero inoxidable, el cual es usado para encontrar las reacciones en el mismo.

### DCL2 (Diagrama de cuerpo libre 2)



Figura 16 Cálculo de Reacciones en el tubo de acero inoxidable 306-L

$$\Sigma F_y = 0$$

$$A_y + B_y = 0$$

$$B_y = -36 \text{ N}$$

En la Figura 17 se muestra el diagrama de cuerpo libre de las juntas.

### DCL3 (Diagrama de cuerpo libre tres)

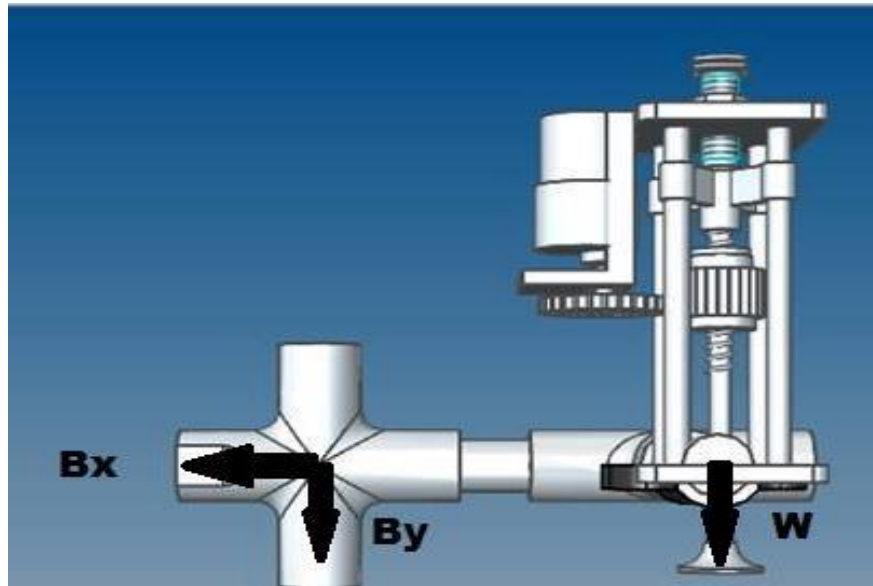


Figura 17 Cálculo de las reacciones en las juntas.

$$\Sigma F_y = 0$$

$$-B_y - W = 0$$

$$B_y = -36N$$

### Cálculo del esfuerzo de la base

$$A_c = \pi r^2$$

$$A_c = \pi[(30,4 \times 10^{-3}) - (25,4 \times 10^{-3})]^2$$

$$A_c = 2,2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P = 36 \text{ N}$$

$$\sigma_{base} = \frac{P}{A_c} = 163,4 \text{ KPa}$$

### Cálculo del esfuerzo en el eje

$$A_c = 2,010 \times 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$P = 36 \text{ N} + 84,38 \text{ N}$$

$$P = 120,38 \text{ N}$$

$$\sigma_{eje} = \frac{P}{A_c} = 598,9 \text{ KPa}$$

$$\sigma_{per_{A-36}} = 400 \text{ MPa}$$

$$Fs = \frac{\sigma \text{ Permissible}}{\text{Carga}}$$

$$Fs = 667$$

### Cálculo del esfuerzo en los dos pernos de la base.

$$A_c = 5,02 \times 10^{-5} \text{ m}^2$$

$$P = 63,16 \text{ N}$$

$$\sigma_{2 \text{ pernos}} = \frac{P}{A_c} = 629,08 \text{ KPa}$$

$$\sigma_{perm_{A-36}} = 400 \text{ MPa}$$

### 5.3.7 Diagrama de cuerpo libre del engranaje

En la Figura 18 se muestra el diagrama de cuerpo libre del engranaje.

Donde:

Los radios de paso de los engranes rectos simples G1 y G2 con un ángulo de Presión estándar de 20° son  $r_1 = r_2 = 0.029 \text{ m}$ .

Los pares de torsión de entrada y salida son:  $T_i = 0,03 \text{ Kg m}$  y  $T_o$  respectivamente.

La eficiencia de los engranes es de 0,85

$$\Sigma F_x = F (0.027) - 0.03 = 0$$

$$F = 1,11 \text{ Kg}$$

$$N = 1,11 \tan 20^\circ$$

$$N = 0,40 \text{ Kg}$$

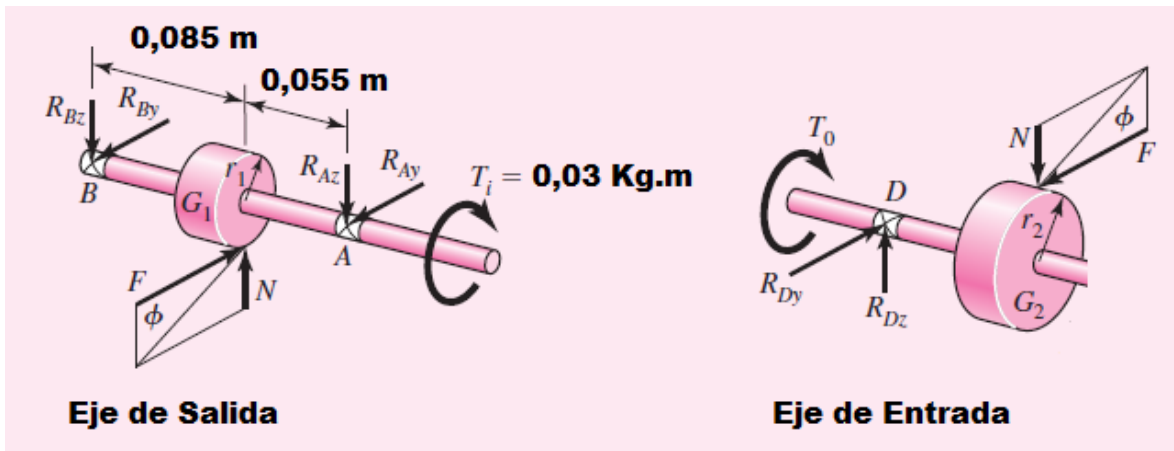


Figura 18 Diagrama de cuerpo libre del engranaje.

Para el eje de entrada

$$\Sigma F_y = 0$$

$$RD_y = F = 1,11 \text{ Kg}$$

$$RD_z = N = 0,40 \text{ Kg}$$

Para el eje de salida

$$\Sigma F_y = 0$$

$$RB_y + RA_y - F = 0$$

$$\Sigma F_z = 0$$

$$RA_z + RB_z - N = 0$$

$$\Sigma MD = 0$$

$$RCy(0,14) - F(0,085) = 0$$

$$RAy = 0,67 Kg$$

$$RBy = 0,44Kg$$

$$RCz(0,14) - N(0,085) = 0$$

$$RAz = 0,24 Kg$$

$$T_0 = 0,51 * 0,85 * 0,023$$

$$T_0 = 0,001 Kg m$$

Como se ha podido demostrar con los cálculos anteriores, ningún esfuerzo supera el esfuerzo último del material analizado, por tal razón se afirma que el prototipo asentador de válvulas cumple con los parámetros mínimos de resistencia a esfuerzos tanto de tensión flexión y compresión.

### **5.3.8 Diseño y simulación de la Mariposa de sujeción.**

Teniendo en cuenta los valores de Módulo de elasticidad y esfuerzo máximo del PLA y demás propiedades (Albuquerque, 2014), se ha simulado la mariposa de sujeción, con una fuerza de 50 N, Figura 19, la cual presenta un esfuerzo máximo de 4,7 MPa. Si bien, el esfuerzo es perfectamente soportado por La pieza de PLA, se considera que su esfuerzo permisible de 29,6 MPa, no es recomendable, teniendo en cuenta que la pieza está sometida a esfuerzos cíclicos de tensión y compresión importantes, lo que podría conducir a que la pieza se fracture tempranamente.

Es por este motivo, que dicha pieza se fabrica de acero estructural AISI SAE 120 el cual presenta un esfuerzo de fluencia de 205 Mpa, es decir, 43 veces mayor que el exigido por la pieza.



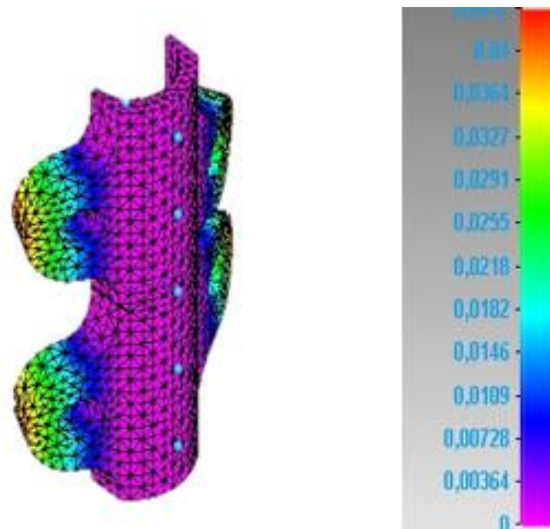


Figura 19 Simulación de Esfuerzos Von Misses.

A continuación se muestran las simulaciones de los componentes fabricados de acero estructural con las propiedades mencionadas en la Tabla 4.

### 5.3.9 Simulación del mecanismo de transmisión de potencia.

En las Tablas 6 y 7 se muestran las propiedades físicas y la carga del acero estructural usado.

Tabla 6. Propiedades físicas del acero estructural.

Propiedad	Valor
Densidad	7833,000 kg/m <sup>3</sup>
Coefficiente de expansión térmica	0,000013 /C
Conductividad térmica	0,032 kW/m-C
Calor específico	481,000 J/kg-C
Módulo de elasticidad	199947,953 MPa
Coefficiente de Poisson	0,290
Límite elástico	262,001 MPa
Tensión de rotura	358,527 MPa

% de elongación	0,000
-----------------	-------

Tabla 7. Cargas del acero estructural.

Nombre de carga	Tipo de carga	Valor de carga	Distribución de carga	Dirección de carga	Opción de dirección de carga
Fuerza 1	Fuerza	36 N	Por entidad	( 0,00, 0,00, -1,00 )	A lo largo del vector

## Resultados

En la Figura 20 se muestra el diagrama de esfuerzos de Von Mises sobre el mecanismo de transmisión de potencia, simulado en SolidWorks

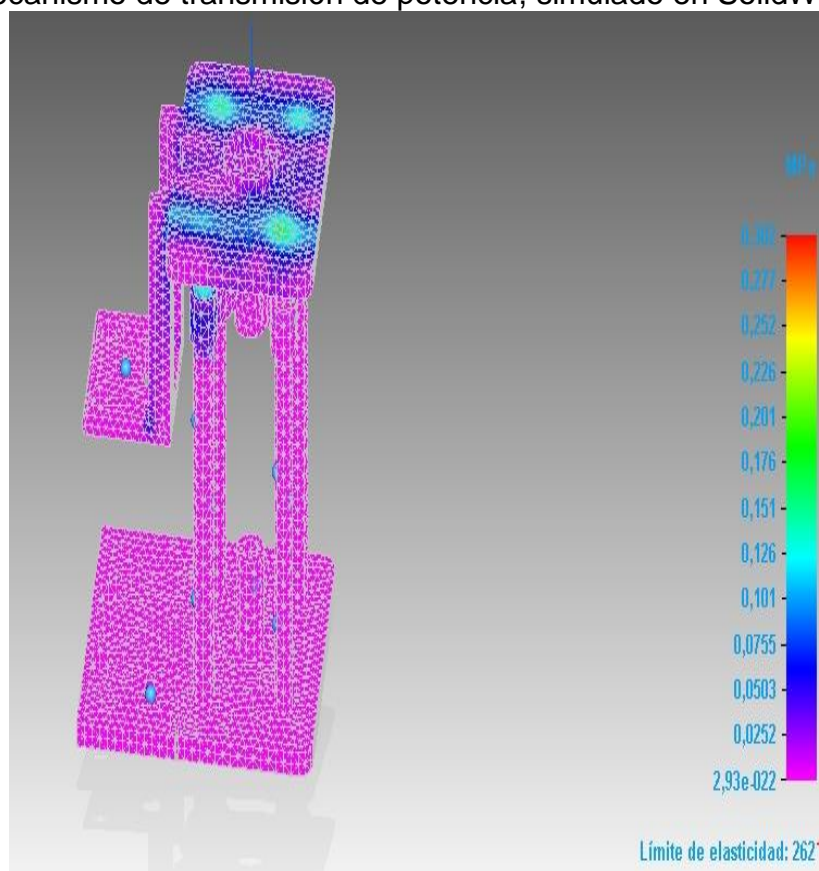


Figura 20 Diagrama de esfuerzos Von Mises.

Esfuerzo máximo en Compresión = 0,302 Mpa

Esfuerzo Permisible en compresión = 124 Mpa

### 5.3.10 Simulación de esfuerzos en la corredera.

En la Figura 21 se muestra el diagrama de Von mises de la corredera, simulado en SolidWorks.

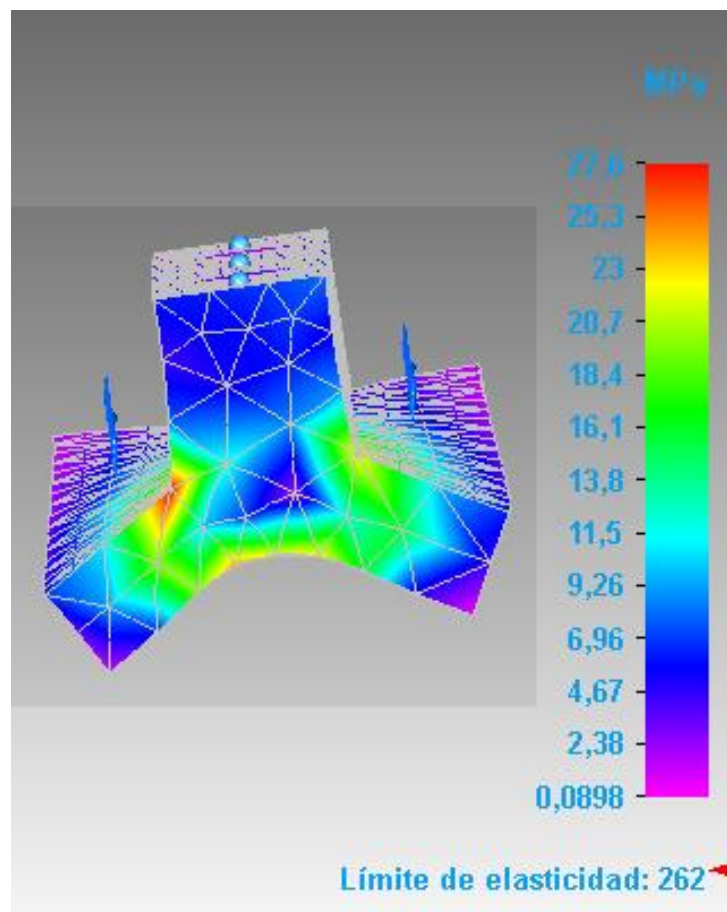


Figura 21 Diagrama de esfuerzos Von Mises corredera acero AISI SAE 1020

Esfuerzo máximo en cortante = 27,6 Mpa

Esfuerzo Permisible en cortante = 88,26 Mpa

### 5.3.11 Simulación de deflexión en la base inferior del mecanismo de transmisión de potencia.

La Figura 22 muestra la deflexión máxima de la base inferior del prototipo; con coloración amarilla se puede apreciar el punto donde ocurre la mayor deflexión debido al apriete de los pernos.

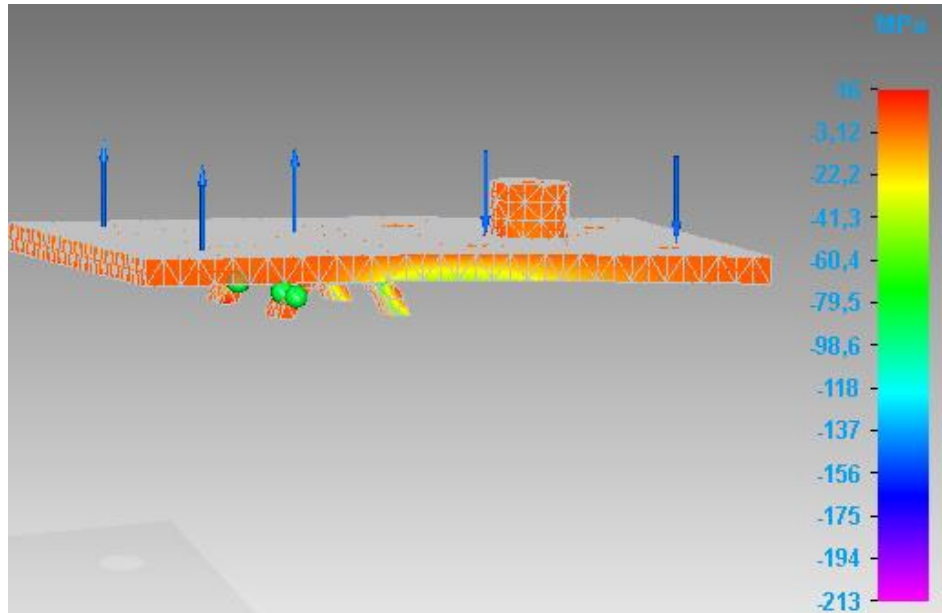


Figura 22 Deflexiones máximas base inferior acero SAE A36

Los resultados de las deformaciones máximas y mínimas se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8. Resultados de deformaciones máximas y mínimas.

Componente de resultados: Von Mises				
Extensión	Valor	X	Y	Z
Mínima	0,0215 MPa	-0,06000 mm	0,044000 mm	0,000 mm
Máxima	32,2 MPa	0,026549 mm	0,000 mm	0,000 mm

Deflexión Máxima debido a los cortantes 0,06 mm

Esfuerzo máximo 16 Mpa

Esfuerzo permisible 88,26 Mpa

## **5.4 DISEÑO CAD DEL PROTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.**

### **5.4.1 Diseño del eje.**

Con el mismo CAD utilizado para el diseño del mecanismo, se ha desarrollado una simulación para el eje cuyo material es un acero comercial con bajo contenido de carbono (Ver Tabla 4) utilizado en la industria para la fabricación de tornillos.

La selección de esta pieza para su simulación se debe a que es ésta quien soportará la mayor cantidad de esfuerzos debido a su función de rotación y compresión axial a la cual se ve sometida.

La simulación se representa para una fuerza de 88 Newton. Los resultados demuestran que el material seleccionado es capaz de soportar dichos esfuerzos y el peligro de fractura del material en su parte más crítica es muy poco probable tal y como se muestra en la Figura 23, donde se ilustra la tensión de Von Mises.

El área de coloración roja localizada en la parte inferior del eje que hace girar la válvula recibe la mayor cantidad de esfuerzo cuando se somete a compresión. No obstante, el esfuerzo es de apenas 2,22 MPa. Es decir 10 veces por debajo del límite simulado para tal acero.

El material seleccionado para el eje, se trata de un acero blando ASTM A36 utilizado para fabricar tornillos de 5/16 de pulgada con excelente maquinabilidad y capaz de soportar los esfuerzos necesarios requeridos por el prototipo asentador de válvulas, según la simulación arriba mencionada, ver Figura 24.

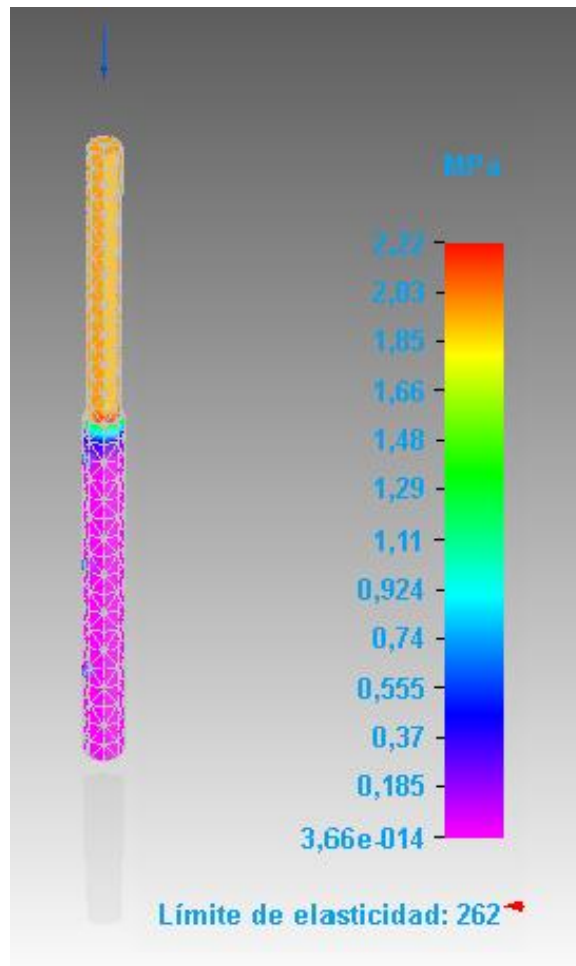


Figura 23 Simulación del Eje de Acero al Bajo carbono.



Figura 24 Eje de Acero con Chupa comercial de caucho.

## 5.4.2 Diseño de la leva.

La leva de acero, con las especificaciones de la tabla 4, está diseñada con la ayuda de un CAD y cuenta con los datos que se mencionan a continuación.

### 5.4.2.1 Parámetros de Entrada de Diseño

*PR* es el Radio de círculo de paso: 15,00 mm

*Anchura de leva:* 10,00 mm

*FR* Es el radio del seguidor: 8,00 mm

*Anchura de rodillo:* 10,00 mm

*SD* Es el Diámetro de eje: 10,00 mm

*Longitud de eje:* 50,00 mm

*EC* es la excentricidad: 5,00 mm

*Tiempo de ciclo:* 5,00 seg

*Velocidad de ciclo:* 1,257 rad/s

### Cargas de la leva:

*Fuerza en rodillo:* 30,00 N

*Capacidad nominal de resorte:* 32 N/mm

### 5.4.2.2 Parámetros de segmento.

#### Segmento 1:

*Perfiles:* Armónico simple – SH

*Ángulo inicial:* 0,00 °

*Ángulo final:* 120,00 °

*(LT) Elevación inicial:* 0,00 mm

*(LT) Elevación final:* 6,00 mm

#### Segmento 2:

*Perfiles:* Armónico simple – SH

*Ángulo inicial:* 120,00 °

*Ángulo final:* 240,00 °

*(LT) Elevación inicial:* 6,00 mm

*(LT) Elevación final:* 12,00 mm

*Elevación máx. necesaria:* 12,00 mm

#### Segmento 3:

*Perfiles:* Armónico simple – SH

*Ángulo inicial:* 240,00 °

Ángulo final:  $360,00^\circ$

(LT) Elevación inicial:  $12,00\text{ mm}$

(LT) Elevación final:  $0,00\text{ mm}$

Elevación máx. necesaria:  $12,00\text{ mm}$

En la Figura 25 se muestra el gráfico de posición de la leva.

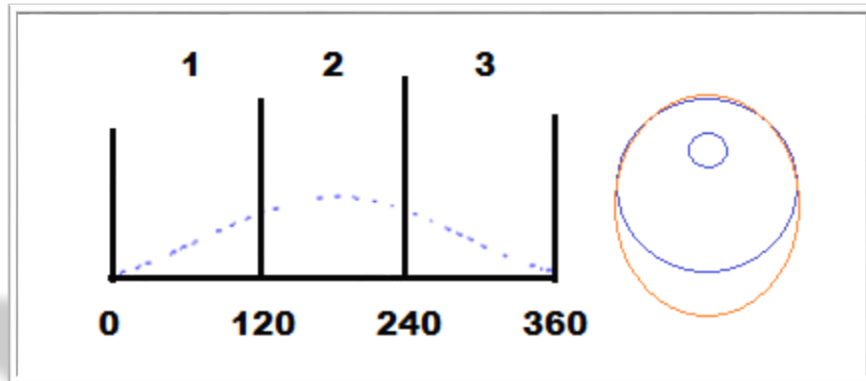


Figura 25 Gráfico de Posición de la Leva.

#### 5.4.3 Diseño CAD del piñón y el engranaje.

El Prototipo de asentador requiere el diseño y construcción de un par de engranes con una eficiencia del 0,85. Los datos de éste se describen a continuación.

**Material: Acero**

**Piñón:**

(DM) Diámetro de agujero de montaje:  $6,0\text{ mm}$

(b) Anchura de cara:  $20,00\text{ mm}$

Velocidad:  $200,000\text{ grados/s}$

Par:  $50,000\text{ N} - \text{m}$

**Engranaje:**

(DM) Diámetro de agujero de montaje:  $8,0\text{ mm}$



(b) *Anchura de cara: 10,00 mm*

### 5.4.3.1 Propiedades del material usadas para los cálculos

En la Tabla 4 se muestran las propiedades del material con el cual se construyó el piñón y el engranaje.

### 5.4.3.2 Resultados generales.

En la tabla 9 se muestran los resultados generales obtenidos en la simulación.

Tabla 9. Parámetros generales obtenidos en la simulación.

Relación de transmisión real	0,7
Relación de contacto	0
Ángulo de presión tangencial	20,00 °
Ángulo de presión operativa	20,00 °
Ángulo de presión operativa tangente	20,00 °
Ángulo de hélice de base	0,00 °
Distancia al centro del producto	46,75 mm
Módulo tangencial	2,75 mm
(Pc) Paso circular	8,64 mm
Paso circular tangencial	8,64 mm
(Pb) Paso circular de base	8,12 mm
Acuerdo de raíz corregido	0,82 mm

**Piñón:** En la Tabla 10 se muestran las características del engranaje.

Tabla 10. Características del piñón.

<b>No. de dientes</b>	20
<b>Relación de anchura de cara</b>	0,18

<b>Potencia</b>	174,400 W
<b>Velocidad</b>	200,000 grados/s
<b>Par</b>	50,000 N-m

**Engranaje:** En la Tabla 11 se muestran las características del engranaje.

**Tabla 11. Características del engranaje.**

No. de dientes	14
Relación de anchura de cara	0,5195 mm
Potencia	148,400 W
Velocidad	285,714 grados/s
Par	35,000 N-m

#### **5.4.3.3 Validación de la resistencia.**

En la Tabla 12 se muestran los datos de validación del piñón y el engranaje.

**Tabla 12. Validación del piñón y el engranaje.**

<b>Engranaje</b>	
Tensión de plegado admitida:	593,007 MPa
Factor de seguridad en el plegado:	0,3262
<b>Piñón</b>	
Tensión de plegado admitida:	296,503 MPa
Factor de seguridad en el plegado:	0,1631

#### **5.4.3.4 Cotas básicas.**

En la Tabla 13 se muestran las cotas básicas del piñón y el engranaje.

Tabla 13. Cotas básicas del piñón y engranaje.

<b>Engranaje:</b>	
(db) Diámetro base	36,18 mm
(da) Diámetro exterior	44,00 mm
(d) Diámetro primitivo	38,50 mm
(dr) Diámetro de raíz	31,61 mm
Diámetro primitivo de trabajo	38,50 mm
<b>Piñón:</b>	
(db) Diámetro base	51,68mm
(da) Diámetro exterior	60,50 mm
(d) Diámetro primitivo	55 mm
(dr) Diámetro de raíz	48,13 mm
Diámetro primitivo de trabajo	55 mm

De acuerdo a los datos obtenidos los valores se adaptan para las necesidades de este prototipo.

## 5.5 SELECCIÓN DEL RODAMIENTO DE BOLAS

La razón para seleccionar este tipo de rodamiento (626-2RS C3) se precisa a continuación.

La ventaja más importante de los rodamientos radica en que el rozamiento inicial de arranque no es mucho mayor que en funcionamiento y además en que el coeficiente de rozamiento, salvo para valores extremos, varía poco con la carga y con la velocidad. Estas propiedades hacen a los rodamientos especialmente indicados para máquinas que arrancan y paran con frecuencia y que están sometidas a carga.

Entre sus características son de especial mención las siguientes: requieren poco lubricante, exigen poco mantenimiento, ocupan poco espacio axial, en cambio, son poco silenciosos, tienen una duración limitada y son caros.

Hay un aspecto constructivo particularmente interesante y es el hecho de que en las caras de los rodamientos se pueden colocar cubiertas que ofrecen una buena protección contra el polvo y la suciedad. Se dice que son rodamientos sellados.

Cuando van sellados en ambas caras se lubrican en fábrica, y aunque se dice que están lubricados de por vida.

Los rodamientos de bolas se utilizan, habitualmente, cuando las cargas son ligeras a normales. Los rodamientos de rodillos se utilizan en aplicaciones donde las cargas son más pesadas. Los rodamientos de una hilera de bolas de contacto angular, los rodamientos de una hilera de rodillos cónicos, los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño NJ, los rodamientos de rodillos cilíndricos de diseño NU con aro angular HJ y los rodamientos axiales de rodillos a rótula solo pueden soportar cargas axiales en un sentido. (SKF, 1998)

## 5.6 CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.

En la Tabla 14 se muestran las cotas en milímetros de cada una de las piezas del prototipo asentador de válvulas.

Tabla 14. Tabla de cotas de cada una de las piezas del prototipo asentador de válvulas.

	<b>Espesor (mm)</b>	<b>Ancho (mm)</b>	<b>Profundidad (mm)</b>	<b>Diámetro (mm)</b>
<b>Base con guía</b>	35	74	370	X
<b>Corredera</b>	15	24	50	X
<b>Carro de apriete</b>	10	30	70,4	X
<b>Tubo vertical</b>	X	X	210	26
<b>Tubo horizontal</b>	X	X	150	26
<b>Tubo soporte</b>	X	X	130	26
<b>Eje</b>	X	X	182	8

<b>Unión en T</b>		12	12	26
<b>Plataforma inferior del Actuador Longitudinal</b>	9	100	120	X
<b>Araña de actuador longitudinal</b>	10	60	75	X
<b>Base del motor</b>	7	40	65	X
<b>Plataforma superior del actuador longitudinal</b>	12	75	101	X
<b>Rodamiento</b>	X	X	X	22
<b>Piñón 17 dientes</b>	6	X	X	56
<b>Corona 13 dientes</b>	20	X	X	46
<b>Tornillos roscados</b>	X	X	200	8
<b>Resorte</b>	X	X	40	8
<b>Mariposa</b>	3	59	90	26
<b>Leva</b>	10	X	X	15

A continuación se relaciona los componentes que integran el prototipo de asentador de válvulas.

Tres tubos de acero inoxidable de una pulgada componen los ejes de acción del prototipo asentador de válvulas, ver Figura 26. (Las dimensiones se especifican en los anexos). Su finalidad es permitir el funcionamiento de las juntas en T a lo largo y ancho de la culata.



Figura 26 Acero inoxidable de una pulgada.

En la Figura 27 se ilustra la base con su respectiva corredera.

La disposición de los agujeros en la base de madera ha sido cuidadosamente calculada para que permita a quien opera el prototipo de asentador desplazar todo el mecanismo, haciendo uso de la corredera, a través de la culata y sujetarla firmemente mediante tornillos sin importar el modelo de esta. Su maquinado se logró con herramientas de corte como lo son el taladro y la fresadora.

En la misma figura aparece una corredera de acero bajo carbono obtenida mediante la técnica de manufactura de unión por soldadura y torneado. Su función principal es la de sujetar la totalidad del mecanismo sobre la culata, lo que implica un esfuerzo considerable cuando esta se ajusta con pernos a la base de madera, razón por la cual se decide utilizar un material más resistente y de fácil maquinado como lo es el acero estructural.



Figura 27 Corredera de Acero y Guía

La pieza fabricada con acero que se ilustra en Figura 28, está elaborada mediante la técnica de unión por soldadura con electrodo revestido.



**Figura 28 Unión ajustable en T.**

La Figura 29 describe la base guía que soporta el eje vertical. Está construida, al igual que la anterior de acero al bajo carbono mediante la misma técnica. Su función principal es la de deslizarse sobre la base en el mismo plano de la culata y asegurar su posición mediante perno una vez se considere tiene una colocación ideal.



**Figura 29 Base soporte de la corredera.**

La figura 30 ilustra el resorte helicoidal utilizado en el prototipo.



**Figura 30 Resorte helicoidal de 10 mm de Diámetro.**

La Figura 31 muestra un tornillo roscado ASTM A36 de rosca gruesa de 8 mm cuya finalidad es soportar la estructura donde se aloja el eje, el rodamiento, el muelle y la corona del engranaje.



**Figura 31 Tornillo roscado de acero 8 mm con tuerca.**

Tanto el piñón como la corona se fabrican de Acero (ver especificaciones tabla 4) con un módulo de 2,75 y una relación de engranes de 1.

En la Figura 32 se muestran el piñón y el engranaje.





**Figura 32 Engranés rectos de Hierro fundido.**

En la Figura 33 se muestra un rodamiento comercial con la referencia 626-2RS C3 cuya finalidad consiste en permitir el movimiento libre del eje.



**Figura 33 Rodamiento de 22 mm de diámetro.**

En la Figura 34 se aprecia un tornillo de potencia de uso comercial, cuya función dentro del prototipo es imprimir presión sobre el resorte.



**Figura 34 Tornillo de potencia de 12 mm de diámetro.**

Un eje roscado de 15,8 mm de diámetro junto con una chupa comercial de caucho se muestra en la Figura 35. Su finalidad es transmitir la potencia del motor a la válvula y adherirse fuertemente a esta respectivamente.



**Figura 35 Eje de acero con chupa.**

La Figura 36 ilustra el montaje del prototipo alimentado con dos moto reductores eléctricos de 12 voltios y 32 rpm controlados por ARDUINO. El mecanismo está integrado por los elementos que se acaban de describir en la parte inmediatamente superior.



**Figura 36 Prototipo**

## **5.7 PRUEBAS EXPERIMENTALES.**

La parte experimental del asentamiento de la válvulas consiste en adaptar el mecanismo a la culata modelo (Renault 9 1400cc) seleccionada para las pruebas, siguiendo los pasos tal cual se explican en el manual del usuario. Al final del asentamiento se evalúan y registran los datos que son relevantes para la investigación como son: Gasto energético del prototipo, tiempo requerido para realizar el asentamiento y calidad del asentamiento.

La calidad del asentamiento se determina mediante la prueba de estanqueidad.

Es importante recalcar que se ha comprobado mediante la prueba de estanqueidad que la culata en verdad necesita de asentamiento de válvulas antes de empezar la prueba.

## 6. ANÁLISIS Y RESULTADOS.

### 6.1 DIAGRAMA DE CAUSA - EFECTO.

También conocido como Esqueleto de pescado o Diagrama de Ishikawa: Es una herramienta sistémica para la resolución de problemas Representa la relación entre un efecto (problema) y todas las posibles causas que lo ocasionan .Es denominado Diagrama de Ishikawa o Diagrama de Espina de Pescado por ser parecido con el esqueleto de un pescado. Se utiliza para clarificar las causas de un problema. Clasifica las diversas causas que se piensa que afectan los resultados del trabajo, señalando con flechas la relación causa – efecto entre ellas, (Perú, s.f.). Así mismo, el diagrama de causa-efecto es aplicable en cualquier proceso (administrativo, productivo, etc.) en donde se requiera solucionar un problema o en donde se desee implementar una mejora, (UNMSM, 2012).

En el diagrama Causa Efecto que se puede observar en la Figura 37, se analiza el que se cree es la mayor deficiencia del mecanismo; su demora para realizar el asentamiento de la válvula.

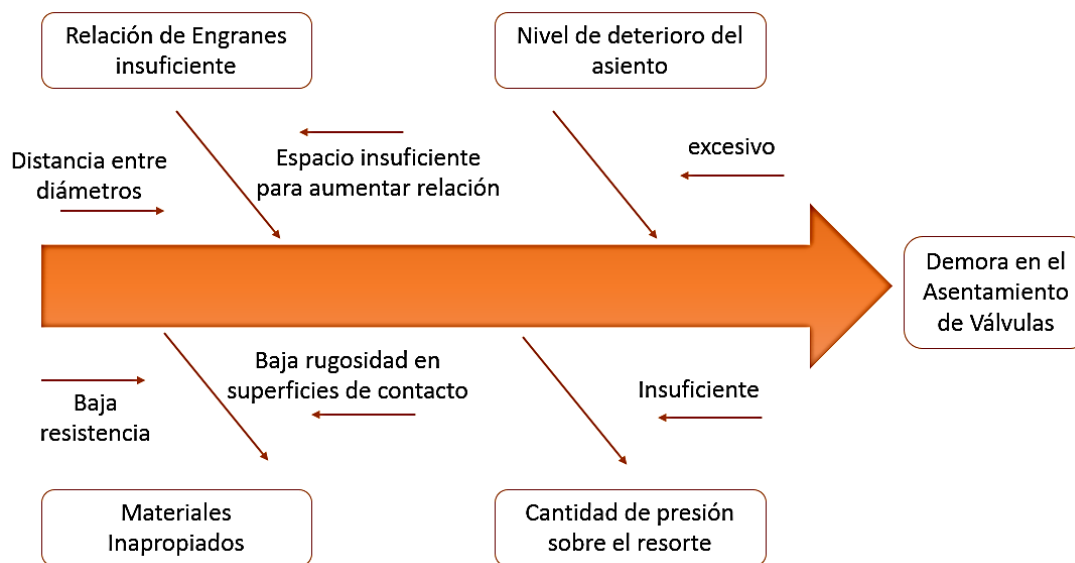


Figura 37 Diagrama Causa Efecto.

## 6.2 SELECCIÓN DEL MOTOR

Una vez estimado un valor aceptable de la presión ejercida sobre las válvulas cuando se realiza su asentamiento, se procede a encontrar la potencia requerida para que el par realizado por el motor sea el suficiente al momento de poner en operación el mecanismo, que vendría a ser su par máximo, De tal manera que se cuenta con los siguientes parámetros.

***Datos de entrada:***

$$Par = 0,06 \text{ Kg} \cdot \text{m}$$

$$Rpm = 32$$

$$1 \text{ Hp} = 746 \text{ Watts}.$$

Haciendo uso de la Ecuación de Potencia eléctrica se tiene que el motor utilizado para este prototipo:

$$Par \text{ (Kg. m)} = \frac{Potencia \text{ (HP)} \times 716}{Velocidad \text{ de Giro de la flecha del motor (RPM)}}$$

Dónde: Rpm es el número de giros por minuto.

De donde se deduce que la potencia máxima generada por el motor es:  **$2,6810^{-3} \text{ Hp}$**   
**= 2 Watts.**

## 6.3 PROTOTIPO ASENTADOR DE VÁLVULAS.

Se podría decir que el prototipo asentador de válvulas está dividido en dos secciones. La primera me permite posicionar el prototipo en cualquier tipo de culata de (8V) a gasolina y está constituido por una base con corredera un carro deslizante, dos juntas en T similares a las utilizadas en el rectificador de válvulas RECMATIC, (RECMATIC, 2012) y una mariposa de sujeción, cuya función es integrar las dos secciones del mecanismo, y tres tubos de acero inoxidable que representan los ejes coordenados (X, Y,Z) en el espacio.

Una vez se fija la posición correcta del mecanismo, la plataforma de transmisión de potencia se encarga de realizar el asentamiento de la válvula mientras es alimentado por un motor eléctrico de 12 voltios y controlado remotamente con Arduino. La función del motor consiste en transmitir el par a los engranes rectos instalados en la plataforma de transmisión de potencia. La corona del engranaje está acoplado a un eje con una chupa comercial de caucho en su extremo, la cual está unida a la cara plana de la cabeza de la válvula a ser asentada.

Un tornillo de potencia auto-bloqueante ubicado en la parte superior de la plataforma de transmisión de potencia, es graduado manualmente por el usuario, según se requiera, con el propósito de ejercer presión sobre un resorte helicoidal el cual transmite dicha presión a la válvula que se desea asentar. Cabe mencionar que debido al paso del tornillo auto-bloqueante, cada vuelta de éste representa un cambio de altura de 1,8 mm. Un rodamiento instalado entre el eje y el resorte facilita el movimiento libre del eje sin que este sea detenido por la presión del resorte.

### **Recomendación:**

Se recomienda al usuario de este prototipo en primer lugar, leer detenidamente el Manual de Usuario, ver Anexo 10.1, consignado en este libro. Allí encontrará como realizar el ensamble sobre la culata de (8V) para su posterior asentamiento.

## **6.4 RESULTADOS EXPERIMENTALES.**

Con el fin de encontrar el consumo de energía del motor que acciona el prototipo de asentador de válvulas se mide con un multímetro la cantidad de corriente requerida por el motor cuando se encuentra en operación. Para realizar estos cálculos se cuenta con los siguientes parámetros de entrada.

$$V = 12 \text{ voltios}$$

$$I = 0.09 \text{ Amperios}$$

Teniendo en cuenta que:

$$P = V * I$$

$$P = 1.08 \text{ Watts}$$

Con esto se concluye que el motor del prototipo asentador de válvulas trabaja sólo al 54% de su capacidad total.

Teniendo en cuenta que el Kilo vatio en Colombia cuesta 108,18 \$, se considera que el valor por consumo eléctrico por hora de cada motor del prototipo en operación es de alrededor de 0.22 pesos. Ahora bien, un mecánico automotriz tarda 4 horas en realizar el asentamiento de ocho válvulas, esto equivale a, según datos del Ministerio del Trabajo en Colombia, un salario de \$12.400. No obstante, el prototipo asentador de válvulas aquí diseñado puede realizar la misma función con un costo inferior (1,76 pesos) al que costaría hacer el asentamiento de manera manual. De esta manera el Mecánico puede con la automatización del prototipo asentador de válvulas realizar otras de sus actividades en ese lapso de tiempo. Esto, como es natural, redundará en la productividad y beneficio económico del negocio.

En la Tabla 15 se consignan los resultados obtenidos al confrontar el prototipo aquí descrito para asentar culatas de (8V) motores a gasolina y el asentamiento manual tradicional realizado en los talleres de mecánica automotriz de esta ciudad.

*Tabla 15. Datos de confrontación del prototipo diseñado Vs asentamiento de forma tradicional.*

	<b>Gasto Energético X (8V)</b>	<b>Tiempo Requerido (min)</b>	<b>Calidad del Asentamiento</b>	<b>Costo (Pesos)</b>
--	--------------------------------	-------------------------------	---------------------------------	----------------------

<b>Prototipo</b>	5.8 Watts x (2)	40	✓	1.76
<b>Tradicional</b>	0,75 Watts	30	✓	12,000

En la Figura 38 se muestra las válvulas antes y después del asentamiento con el prototipo diseñado.



*Figura 38. Válvulas antes y después del asentamiento.*



## 7. CONCLUSIONES

Se concluye que:

- ❖ A partir de las pruebas realizadas con el prototipo de asentador de válvulas, se determina que este es una opción viable para realizar el asentamiento de válvulas, ya que cumple con las características deseadas como lo son: un posicionamiento fácil del prototipo sobre la válvula a asentar, un perfecto contacto del mecanismo con la válvula y una alineación del eje con el vástago de la válvula ideal para prevenir daños en el cuello de la culata o una excentricidad que pueda afectar las paredes de la misma.
- ❖ El prototipo de asentador de válvulas cumple con los requerimientos de diseño básicos por su practicidad para el correcto funcionamiento, lo mismo en cuanto a cinemática y facilidad de control a nivel electrónico, lo que facilita que cualquier persona con conocimientos básicos de mecánica automotriz la pueda operar sin problema.
- ❖ El gasto energético necesario para asentar las válvulas haciendo uso del prototipo es muy pequeño (\$ 1.76) en relación con el que necesitaría un mecánico haciendo la misma actividad (\$ 12.400).

## **8. RECOMENDACIONES.**

En cuanto a la cinemática del mecanismo se concluye que la velocidad de giro del asentador sobre la válvula es muy poca (32 rpm), como para realizar el asentamiento en un menor tiempo del que toma de manera manual.

## 9. TRABAJOS FUTUROS

El prototipo de asentador de válvulas desarrollado en este proyecto quedará instalado y en uso en el taller de mecánica automotriz Rangel de la ciudad de Pamplona, con el fin de obtener en un futuro datos que puedan servir en el rediseño o mejoras al prototipo.

Se considera que el aumento de las rpm es una mejora importante para satisfacer las necesidades de tiempo y consumo energético del asentador.

También puede ser de gran utilidad contemplar la posibilidad de reproducir tanta veces como sea posible el mecanismo a fin de asentar no solo una válvula a la vez. Sino poder hacerlo a mayor escala y optimizar su eficiencia.

Se espera que este prototipo sea un pequeño avance en la optimización del proceso de asentamiento de válvulas y que este documento sea enriquecedor para próximas investigaciones en el creciente campo de la mecánica automotriz.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- A. Kain, C. M. (2009). High aspect ratio- and 3D- printing of freestanding. *ELSEVIER*, 4.
- Albuquerque, A. J. (2014). *Optimización y caracterización de piezas de PLA fabricadas mediante técnicas aditivas*. Madrid.
- Alvarez, P. F. (s.f.). *Impresoras en 3D*. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~macromol/curso13-14/impresoras3D/MDF.html>
- Atanu Chaudhuri, P. K. (2010). Productivity and capital investments: An empirical study of three manufacturing industries in India. *Science Direct*, 15.
- Biren, P. (1996). *Concurrente Engineering fundamentals, vol 1 Integrated products and process organization*. . New York: Prentice Hall.
- Carlos Riba, A. M. (2006). *Ingeniería Concurrente: Una metodología integradora*. España: Gobierno Español.
- co, W. A. (s.f.). *Aleaciones de producción expuestas y revestidas con fundentes suplidores para México*. Obtenido de [www.weldingwire.com](http://www.weldingwire.com)
- DANE. (2010). *Boletín censo General 2010*. Pamplona, Norte de Santander.
- DIN. (2012). *Setting tomorrow,s standards*. Obtenido de DIN: [www.din.de/en](http://www.din.de/en)
- Engranajes. (2014). En *Fundamentos del KBE (knowledge based engineering)* (pág. 80).
- Fontanesi, S. (2012). Multiphase CFD-CHT optimization of the cooling jacket and FEM. *Science Direct*, 11.
- H.J.C Voorwald, R. C. (2011). Fatigue Strength of X45CrSi93 stainless steel applied as. *ELSEVIER*, 6.
- Ingemecánica. (2014). *Estudio y clasificación de los aceros*. Obtenido de [ingemecanica.com/tutoriasemanal/tutorialn](http://ingemecanica.com/tutoriasemanal/tutorialn)
- J.P Zammit, M. M. (2014). The effects of early inlet valve closing and cylinder disablement. *ELSEVIER*, 11.
- Lingegni, P. L. (s.f.). Mecanismos y elementos de máquinas. En P. L. Lingegni, *Engranajes cilíndricos a dientes rectos*.
- Los Coches. (s.f.). Obtenido de <http://www.loscoches.com/>
- Luis Alberto Breda Mascarenhas, J. d. (2015). Reducing the development life cycle of automotive valves and seat valves using a new workbench for high temperature wear testing. *Science Direct*, 6.

- Meganeboy, D. (2014). *Aficionados a la mecanica*. Recuperado el 10 de Agosto de 2015, de <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>
- Nader Raeie, S. E. (2014). Effects of injection timing, before and after top dead center on the propulsion and power in a diesel engine. *Science Direct*, 9.
- Nisbett, R. G. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. New York: Mc Graw Hill.
- Norton, R. L. (1992). Carga estática simple. En R. L. Norton, *Diseño de Máquinas*. México: Mc Graw hill.
- Núñez, J. L. (s.f.). *Diseño, modelado y prototipado por impresión 3D del bípedo PASIBOT*. Madrid: Universidad Carlos III.
- Ortuño, B. H. (2010). *Metodología del Diseño*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Perú, M. d. (s.f.). *Dirección de Calidad en Salud*. Obtenido de <http://www.minsa.gob.pe/dgsp/observatorio/documentos/herramientas/DiagramaCausaEfecto.pdf>
- posventa, D. d. (s.f.). *Manual BIZ 125 KS • ES. MOTO HONDA DA AMAZÔNIA LTDA*.
- RECMATIC. (2012). *Metalúrgica recmatic*. Obtenido de [www.recmatic.com.ar](http://www.recmatic.com.ar)
- Restrepo, L. D. (1983). *Mecánica Diesel Vol.4 Reparación de la Culata*. Educar Editores.
- SENA. (2012). *Descripción y funcionamiento del motor de combustión interna a gasolina*. SENA.
- SKF. (1998). *SKF Colombia, Ecuador y Centro América*. Obtenido de <http://www.skf.com/co/products/bearings-units-housings/ball-bearings/principles/bearing-basics/basic-selection-criteria/loads/index.html>
- Soriano, P. y. (2012). *Distribución*. Obtenido de [/www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/distribucion.pdf](http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/motores/temas/distribucion.pdf)
- Soriano, P. y. (2013). *uclm.es*. Obtenido de <https://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema10.pdf>
- Thierry Rayna, L. S. (2014). From rapid prototyping to home fabrication: How 3D printing is changing business model innovation. *ELSEVIER*, 11.
- UNMSM, T. D. (2012). *Biblioteca central de la UNMSM*. Oficina central del sistema de Bibliotecas.

Valverde, J. J. (s.f.). *ARPEM*. Obtenido de [http://www.arpem.com/tecnica/duracion/duracion\\_p.html](http://www.arpem.com/tecnica/duracion/duracion_p.html)

WALWORTH. (2015). *American Welding Society Welding processes*. Obtenido de [walworth.com/American Welding Society](http://walworth.com/American%20Welding%20Society).

## 11. ANEXOS.

### 11.1 MANUAL DE USUARIO.

Esta manual está dirigido a personas formadas en la rama de la mecánica automotriz, que requieran realizar el asentamiento de válvulas de una culata de un carro de 8 válvulas a gasolina en su taller o garaje. Este manual contiene aspectos relevantes para la instalación, del funcionamiento y operación del prototipo; así como también algunas recomendaciones sobre el mantenimiento que necesita.

Para el correcto uso del prototipo asentador de válvulas se sugiere leer detenidamente las siguientes indicaciones.

#### COMO EMPEZAR

Cerciórese que la culata del carro cumpla con las especificaciones descritas al inicio del manual.

Tenga a mano todas las herramientas necesarias para su operación.

Proceda a ajustar con firmeza la base grande a la parte superior de la culata con los pernos de la misma; de manera que las cabezas de las válvulas estén dispuestas hacia arriba. Ver Ilustración 1.

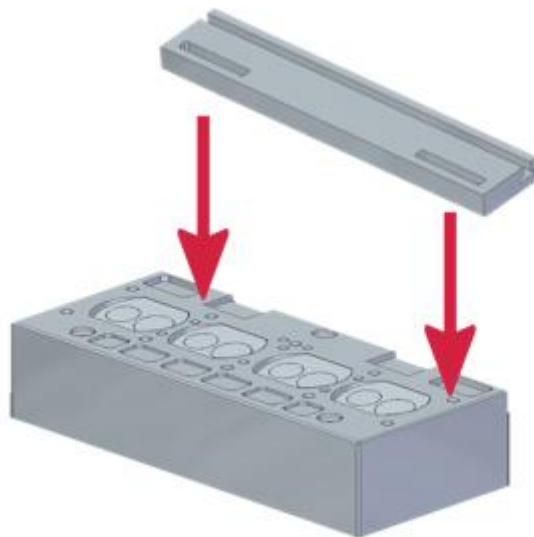
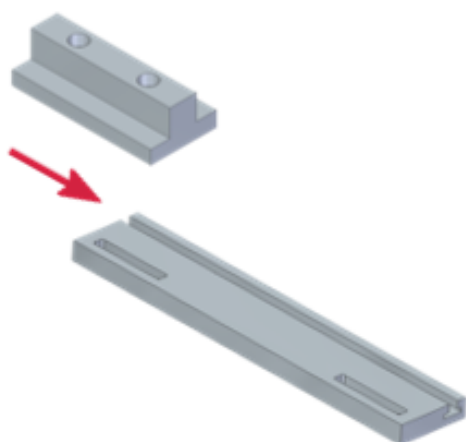


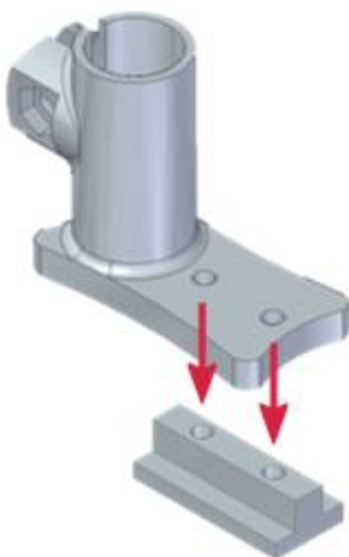
Ilustración 1. Modo de Ensamble de la Base Sobre la Culata.



**Ilustración 2. Ensamble Corredera.**

Deslice la guía en el interior de la base. Ver Ilustración 2.

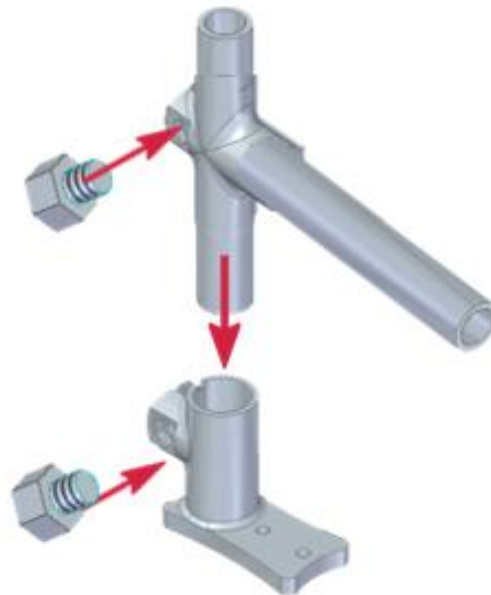
Una vez se encuentre dentro de la base la corredera, unir ambas piezas con pernos como se muestra en la Ilustración 3.



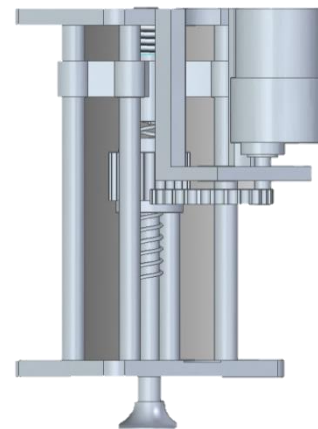
**Ilustración 3. Unión Mediante Pernos Guía y Corredera.**



Realice con la ayuda de la gráfica 4 el siguiente ensamble y ajuste firmemente con pernos



**Ilustración 4. Ensamble Tubo Vertical y Horizontal con Pernos.**



**Ilustración 5. Ensamble del Mecanismo al eje.**

Finalmente, ensamble firmemente el mecanismo de la figura con pernos al eje

## **MODO DE USO**

Ajuste el prototipo de asentador de válvulas, cuidando que los ejes se encuentren sueltos para que puedan girar libremente en la posición buscada sobre la culata, de tal manera que el eje que contiene la chupa quede totalmente paralelo al orificio de la culata, a fin de evitar algún tipo de excentricidad que pueda dañar el cuello de la culata.



**Ilustración 6. Disposición Correcta del Mecanismo Sobre la Culata.**

Una la cabeza de la válvula a la chupa, despida alrededor de la cabeza de la misma la pomada esmeril e inserte el vástago en su totalidad en el orificio de la culata donde actúan las válvulas, apriete los pernos de tal manera que el mecanismo quede totalmente fijo en su posición.

Encienda el motor y deje actuar el mecanismo por unos minutos sobre el cuello de la válvula teniendo cuidado de revisar el asiento de la válvula cada tanto hasta que esté totalmente uniforme.

Se recomienda verificar el correcto asentado de la válvula aplicando la prueba de estanqueidad para determinar si la válvula se ajusta completamente al cuello de la culata y estas se unen en completa hermeticidad.

### **Recomendaciones:**

- Use las herramientas adecuadas tanto para el ensamble como para el ajuste del prototipo cuando vaya a realizar el asentamiento.
- Tenga cuidado cuando realice el apriete de las juntas. Use la fuerza suficiente como para conservar fija la posición de las barras sobre la culata. De excederse en el apriete podría fracturarlas causando un daño irreversible en el mecanismo.
- El vástago de la válvula debe deslizarse suavemente en la cavidad de la culata. Bajo ningún motivo trate de forzarla porque podría causar daño al mecanismo e incluso al mismo vástago de la válvula
- Tanto para introducir como sacar la válvula de la culata, es necesario aflojar totalmente los tres ejes (acero inoxidable) haciendo uso de las mariposas.
- No trate de manipular el mecanismo de transmisión de potencia cuando este se encuentre girando.
- No olvide apagar la fuente en los siguientes casos:
  - ✓ cuando desee aplicar o limpiar la pomada esmeril de la cabeza de la válvula.
  - ✓ Cuando desee introducir o sacar la válvula de la culata.

En cuanto a la lubricación y mantenimiento de los rodamientos, en general es preferible lubricar los rodamientos con grasa. Sin embargo, se emplea también el aceite, por ejemplo, para altas velocidades, o cuando la máquina tiene lubricación general por aceite.

Si se lubrica el rodamiento con grasa, no debe llenarse el soporte más de los 2/3 de su capacidad, pues un exceso de grasa puede causar el calentamiento del rodamiento; debe usarse grasa apropiada para rodamientos.

Si se usa aceite, el nivel superior del mismo debe estar situado un poco más bajo que el centro del rodillo inferior.

La mayoría de los rodamientos de bolas y muchos de los de rodillos en los que se utiliza la grasa, no necesitan lubricarse más que una o dos veces al año. Con velocidades elevadas han de ser lubricados a intervalos mucho más cortos.

Con aceite, los intervalos deben ser también mucho más cortos.

Los rodamientos deben ser limpiados y revisados periódicamente. Si el rodamiento está sometido a una carga elevada, convendrá hacer esta operación una vez al año.

Para limpiar los rodamientos se puede emplear gasolina o, mejor, petróleo de buena calidad. Después de lavados, deben ser engrasados y montados en seguida, haciéndolos girar unas cuantas vueltas para que el lubricante penetre por todo el rodamiento, sobre todo si han de estar cierto tiempo sin funcionar (Soriano, uclm.es, 2013)

### **Inspección corona piñón**

Inspeccione el juego corona-piñón observando si se ha gastado o dañado los escalones de presiones, ralladuras, o astillado. Revise también las estrías del piñón.

Los juegos corona-piñón son maquinados y agrupados en juegos para garantizar la posición ideal del contacto entre los dientes. Por lo tanto si fuese necesario cambiar una corona o piñón dañado, lo que debe de hacerse es sustituir ambos.

Si no encuentra ninguno de estos síntomas proceda a lubricarlos con aceite ISO grado 22 cada vez que los note resecos.

Clasificación ISO de los aceites industriales						
Grado ISO	Límites de viscosidad					
	cSt/40°C		SSU/100°F		SSU/210°F	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
2	1,98	2,42	32,8	34,4		
3	2,88	3,52	36,0	38,2		
5	4,14	5,06	40,4	43,5		
7	6,12	7,48	47,2	52,0		
10	9,00	11,00	57,6	65,3	34,6	35,7
15	13,50	16,50	75,8	89,1	37,0	38,3
22	19,80	24,20	105,0	126,0	39,7	41,4

Tomado de <http://www.mantenimientomundial.com>

#### Advertencia

No utilice llaves de impacto o golpes de martillo, para evitar dañar la cabeza de esos componentes. Si quitar una tuerca se torna difícil, por ejemplo, debido al desgaste del hexágono o por necesitar un esfuerzo bastante grande para soltarla, reduzca la resistencia de la unión calentando la cabeza de este componente a 150 grados C.

## 11.2 ESTUDIO DE MERCADO

A principios del año 2014 se realizó una encuesta en 10 de los 31 talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Pamplona, para determinar la factibilidad de implementar un mecanismo que pueda realizar el asentamiento de válvulas de manera automatizada a fin de mejorar la productividad de estos negocios que aun realizan dicha actividad de la manera tradicional, invirtiendo grandes cantidades de tiempo y energía que finalmente no generan grandes dividendos para el taller.

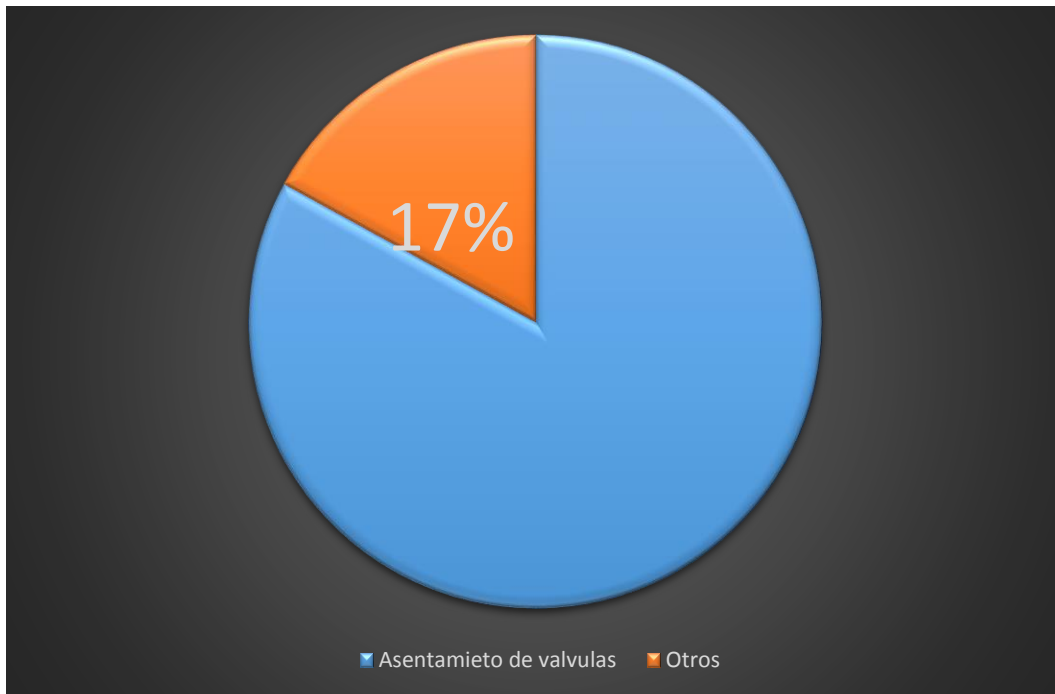
Aquí se presentan los detalles más relevantes de la mencionada encuesta.

### 11.2.1 Encuesta.

¿Realiza el asentamiento de válvulas de manera manual?



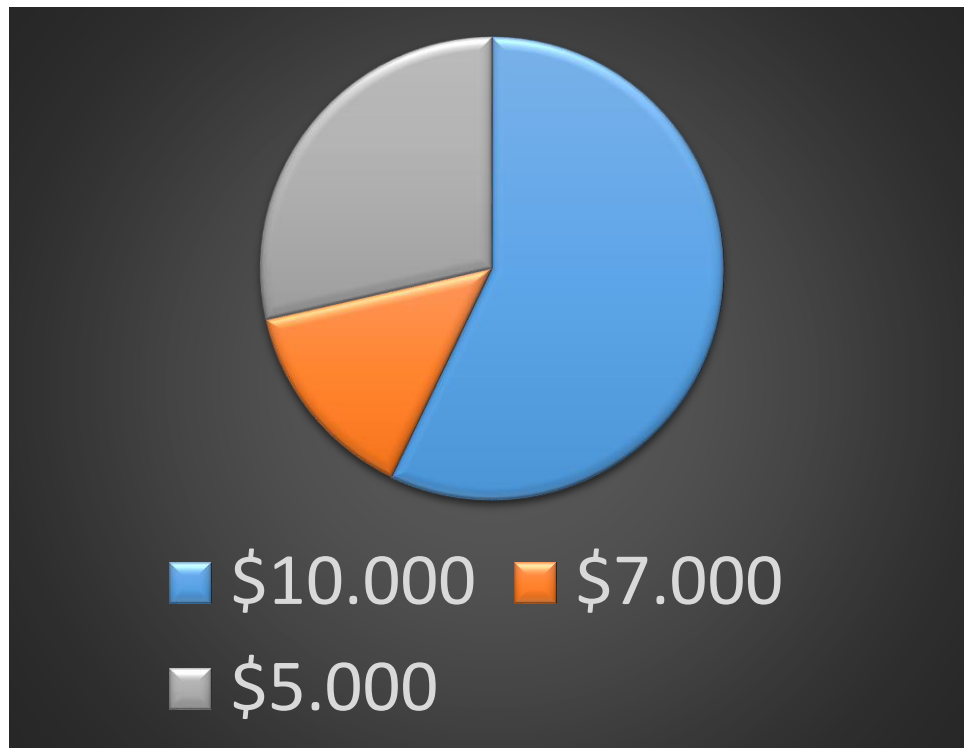
¿Qué actividad es la más demorada en la reparación del motor?



¿Cuánto tiempo le toma el asentamiento de una válvula?



¿Cuánto cuesta el asentamiento de cada válvula en su taller?



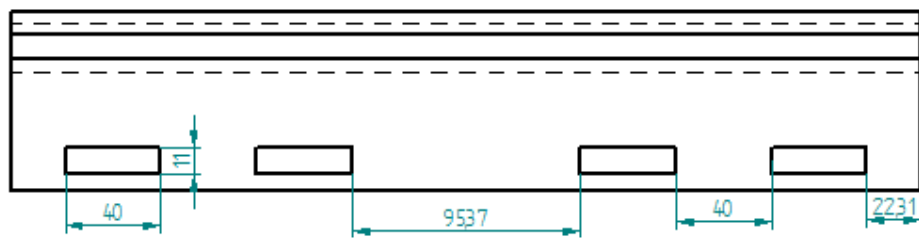
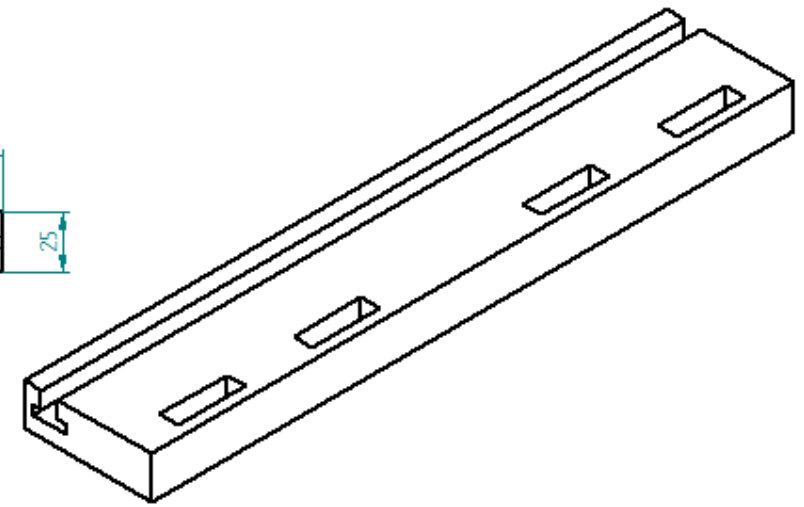
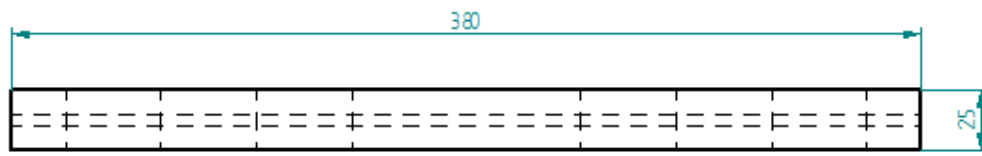
### 11.2.2 Análisis de los resultados de la encuesta.

El panorama que se dibuja gracias a la encuesta realizada en talleres de mecánica automotriz de la ciudad de Pamplona, para determinar la oportunidad de diseñar un mecanismo que permita el asentamiento de válvulas de manera automatizada y no de manera manual como se ha venido haciendo durante años es bastante alentador, Así pues, el análisis de este instrumento confirma la viabilidad de incursionar en el gremio automotriz con una alternativa innovadora para dar respuesta a esta necesidad.

### 11.3 PLANOS.

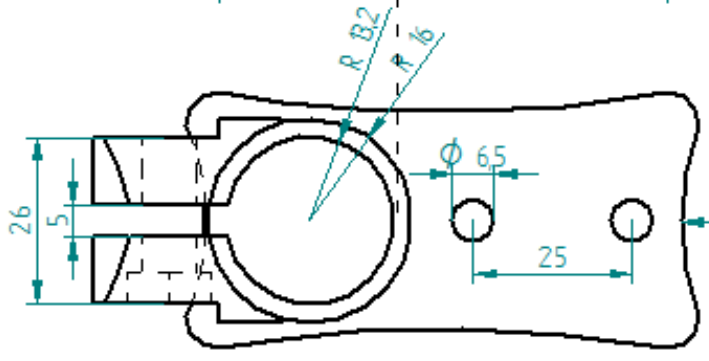
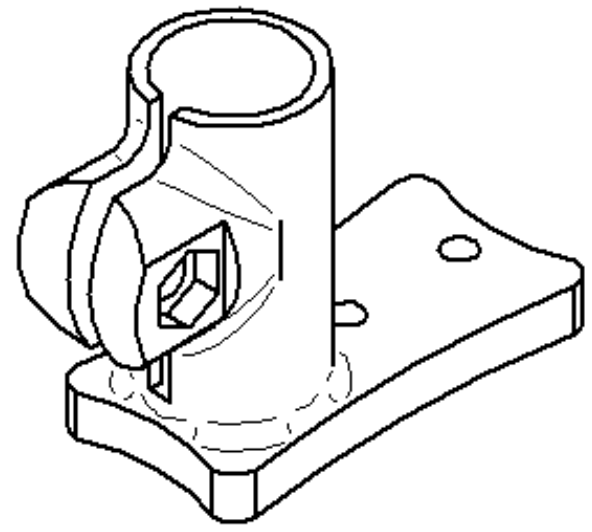
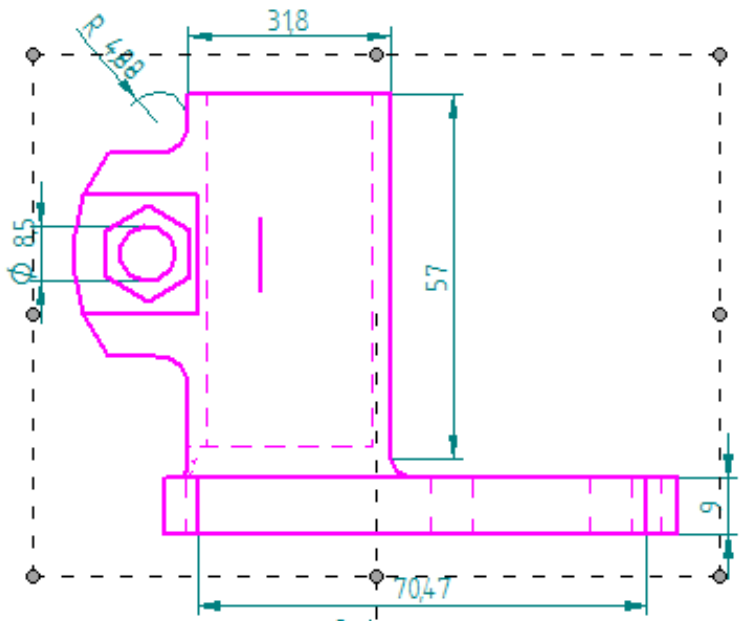
A continuación se adjuntan los planos de las piezas acotadas con la ayuda de un CAD, el propósito de cada elemento dentro del conjunto del asentador y las vistas isométrica, lateral y explosionada del mismo.





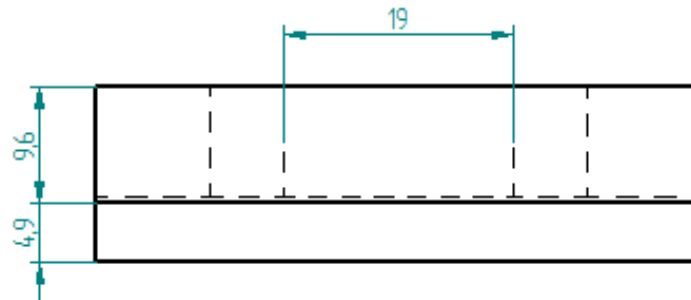
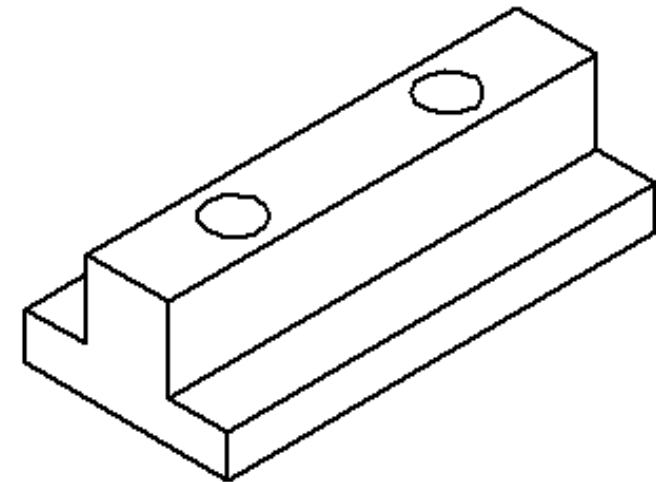
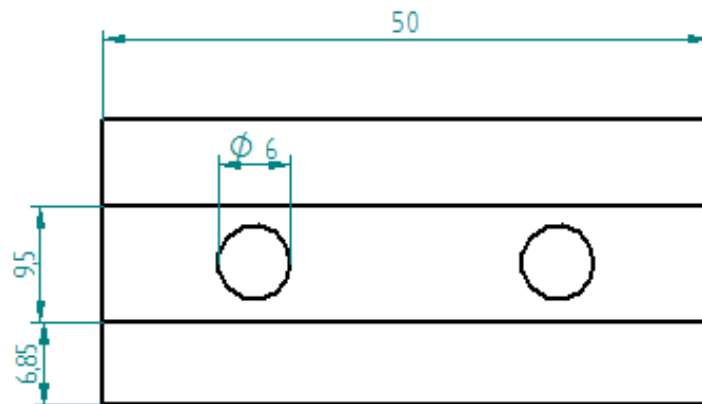
Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado: Alexander_P1	28/11/15	Siemens PLM Software	
Comprobado:		Titulo	
Aprobado 1:		☒	
Aprobado 2:		Rev. ☒	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±P		A3	Plano ☒
		Archivo: fundicio base fijada.rvt	
Escala	Peso	Hoja 1 de 1	

**FUNCIÓN:** Permitir el desplazamiento del mecanismo a lo largo de toda la culata.



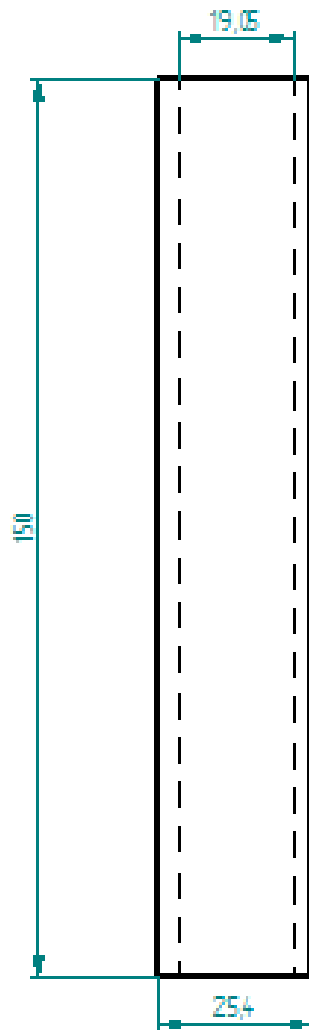
	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
	Siemens PLM Software			
Dibujado	Aleksander_PC	28/11/15	Titulo	
Comprobado			☒	
Aprobado 1			A3 Plano	
Aprobado 2			☒	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			Rev.	☒
			Archivo: basecorredera.plano.dft	
Escala	Peso	Hoja 1 de 1		

**FUNCIÓN:** Deslizar suavemente el mecanismo de 4 barras sobre la superficie de la culata.



	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Titulo <input type="checkbox"/>	
Comprobado			A3 Plano <input type="checkbox"/> Rev <input type="checkbox"/>	
Aprobado 1			Archivo: corredera.plano.dft	
Aprobado 2			Escala 2-1	Peso Hoja 1 de 1
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\neq 1^\circ$				

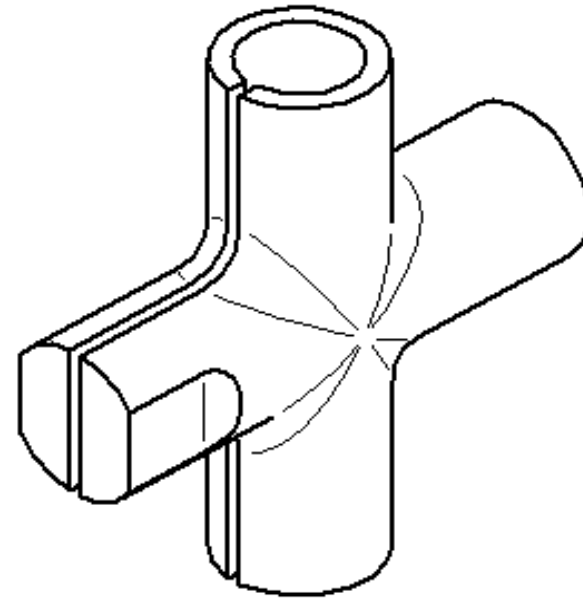
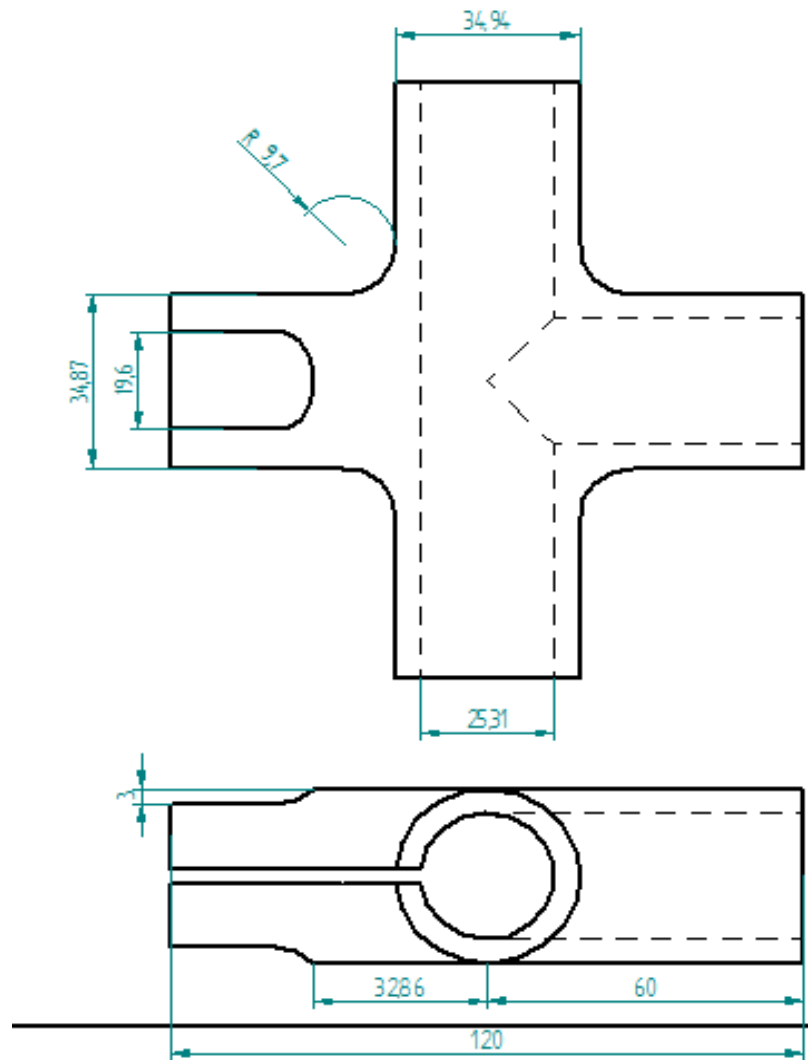
**FUNCIÓN:** Ajustar firmemente la posición del deslizador mediante pernos.



	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2013	Titulo	
Comprobado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A3	Plano Archivo: tubo vertical.plm.dft
			Escala 1-1	Peso Hoja 1 de 1

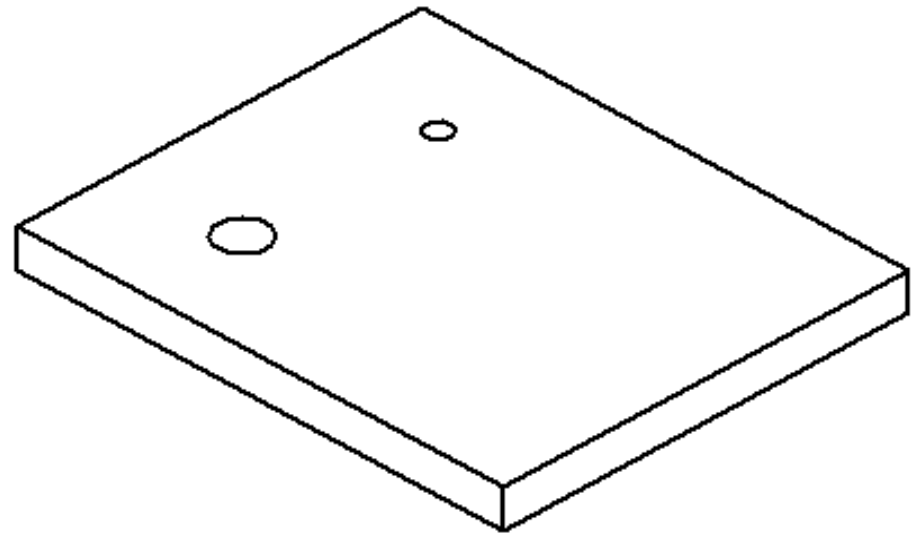
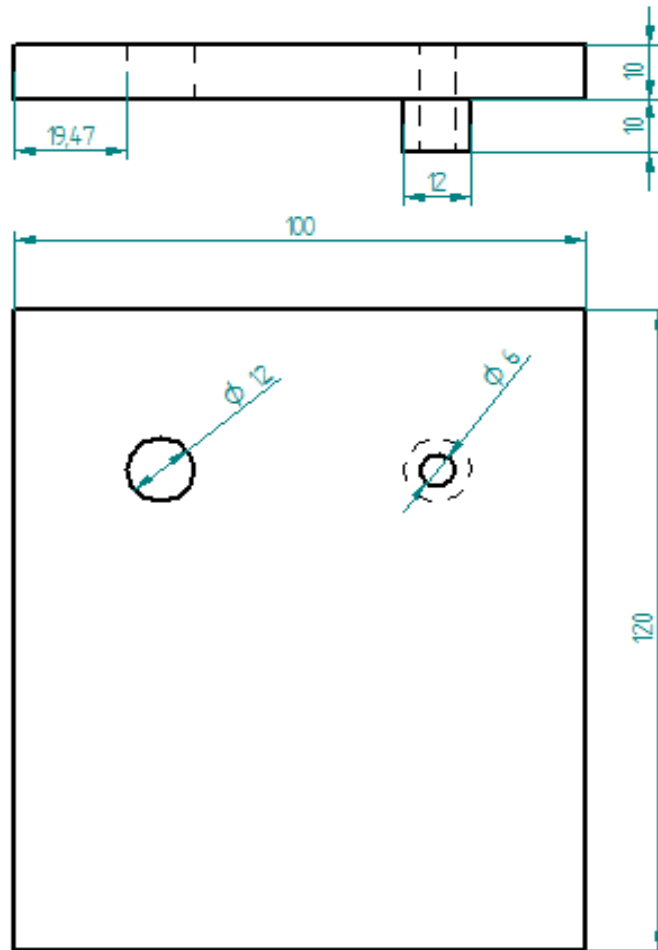
**FUNCIÓN:** Permitir el deslizamiento suave de las juntas para encontrar la posición ideal del asentador





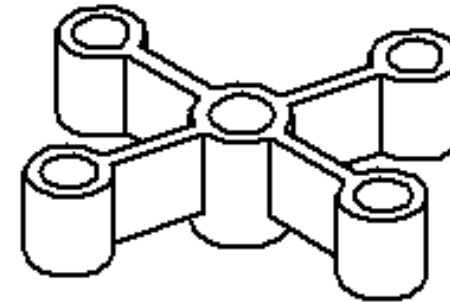
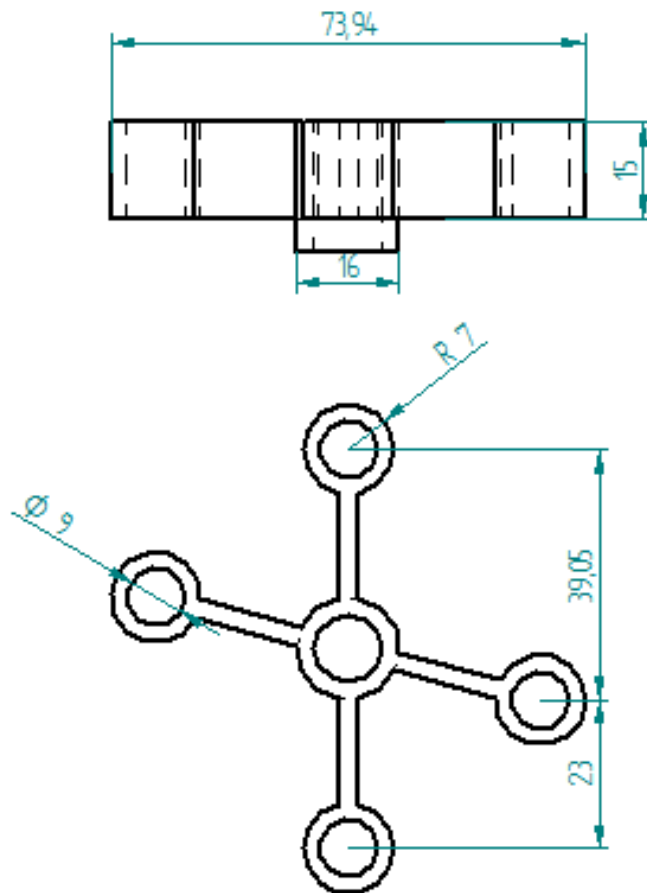
Nombre		Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software	
Comprobado			Título Junta en T <input type="checkbox"/>	
Aprobado 1			A3 Plano <input type="checkbox"/>	
Aprobado 2			Rev <input type="checkbox"/>	
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias = 0.5 y ±1°			Archivo junto en t.pal.nadft	
			Escala 1:1	Peso Hoja 1 de 1

**FUNCIÓN:** Controlar y ajustar la posición del asentador mediante apriete con mariposa,



		Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software		
Comprobado			Titulo Base plataforma		
Aprobado 1			✉		
Aprobado 2			A3	Plano	Rev ✉
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm P$			Archivo: baseplat.pla.pdf		
Escala 1:1		Peso	Hoja 1 de 1		

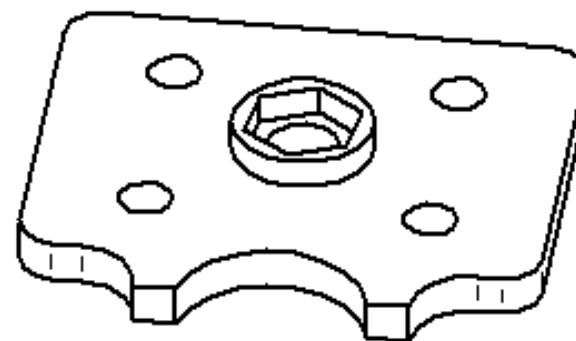
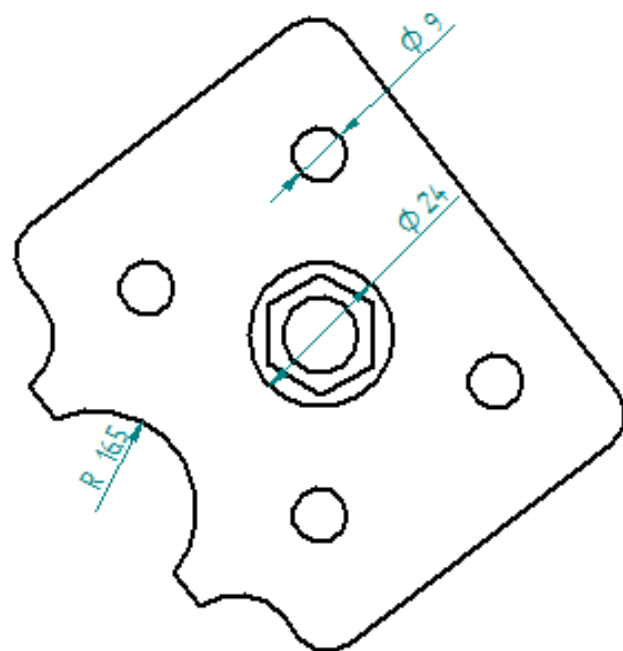
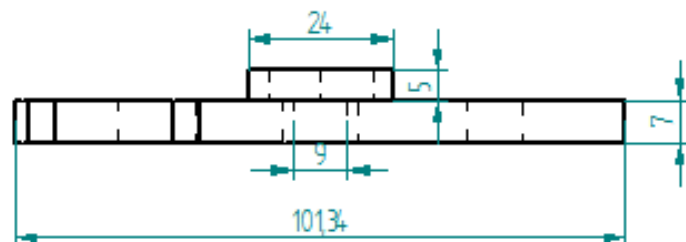
**FUNCIÓN:** Soportar el mecanismo de transmisión de potencia y garantizar la estabilidad del eje de tal manera que su movimiento sea totalmente concéntrico.



	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software	
Comprobado			Titulo Araña Guia <input type="checkbox"/>	
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <input type="checkbox"/>
			Rev <input checked="" type="checkbox"/>	
			Archivo araña guia.pln.sldt	
Escala 1-1		Peso	Hoja 1 de 1	

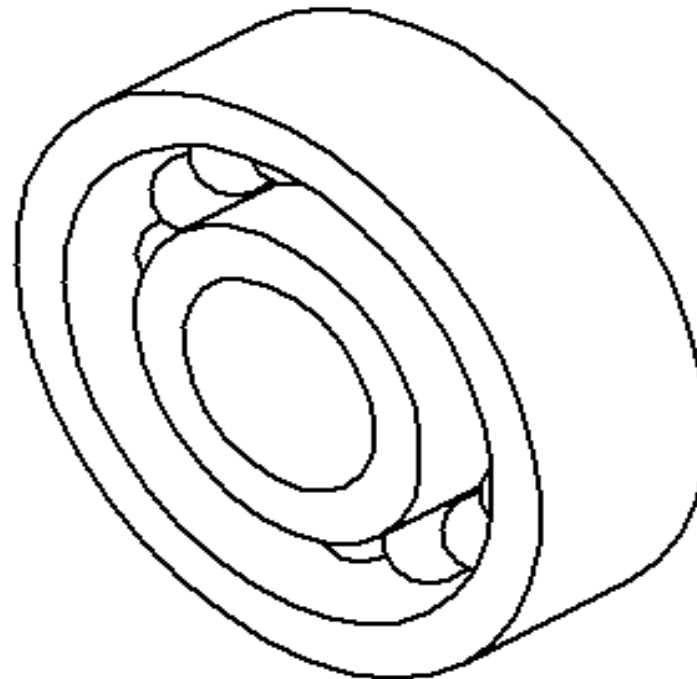
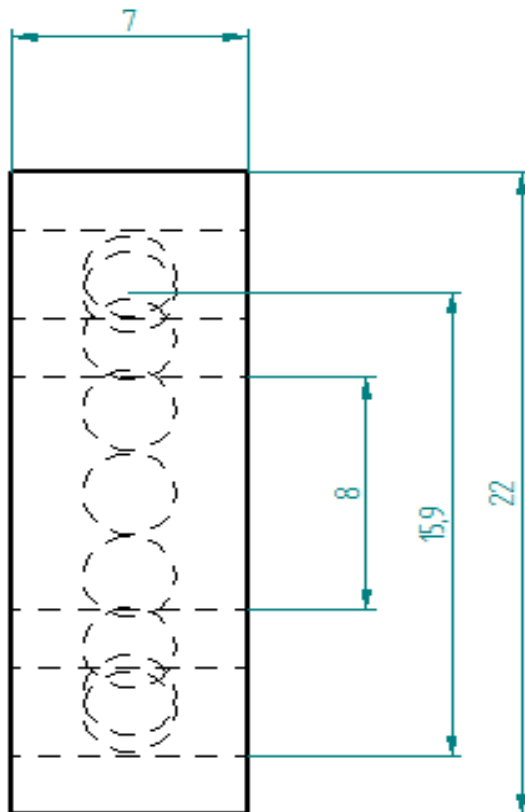
**FUNCIÓN:** Soportar el muelle que regula la fuerza ejercida por el tornillo de potencia.





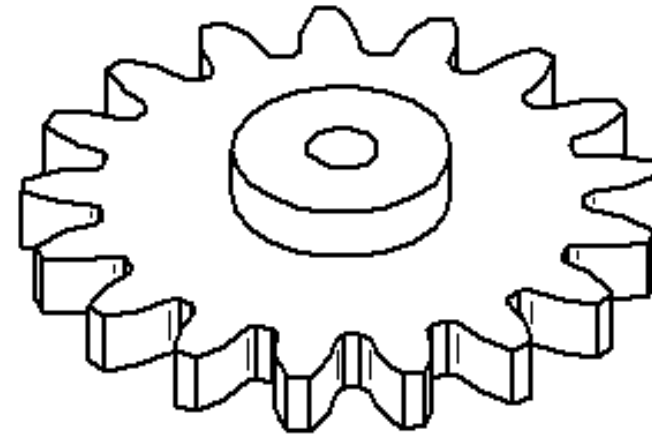
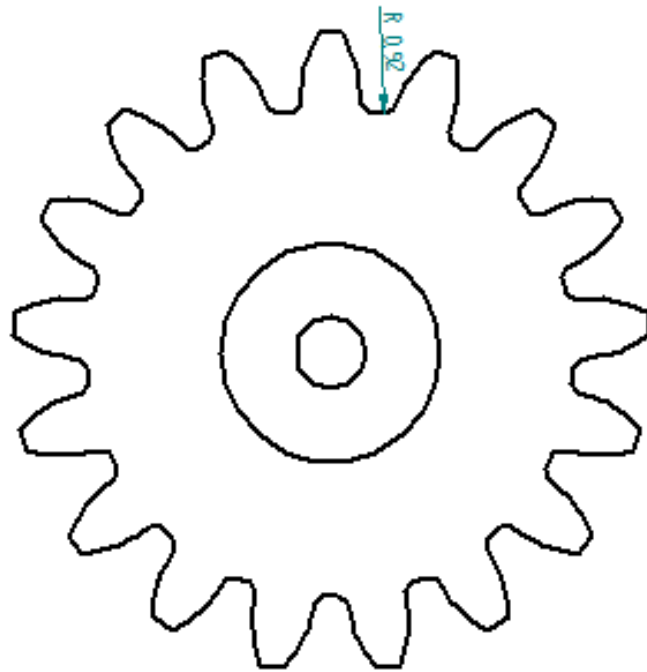
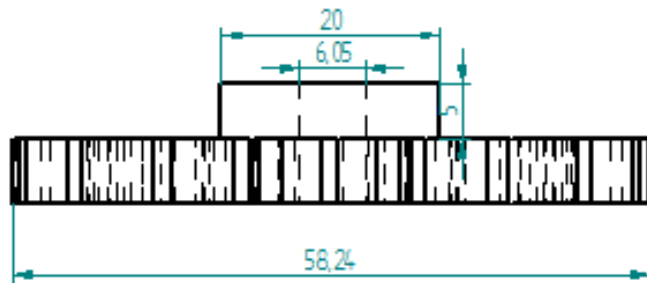
		Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Aleksander_PC	28/11/15	Siemens PLM Software		
Comprobado			Titulo		<input type="checkbox"/>
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0.5 y ±1°			A3	Plano	Rev <input type="checkbox"/>
			Archivo plantasuperiorplanadft		
Escala		Peso		Hoja 1 de 1	

**FUNCIÓN:** Soportar el motor eléctrico que transmite la potencia al eje.



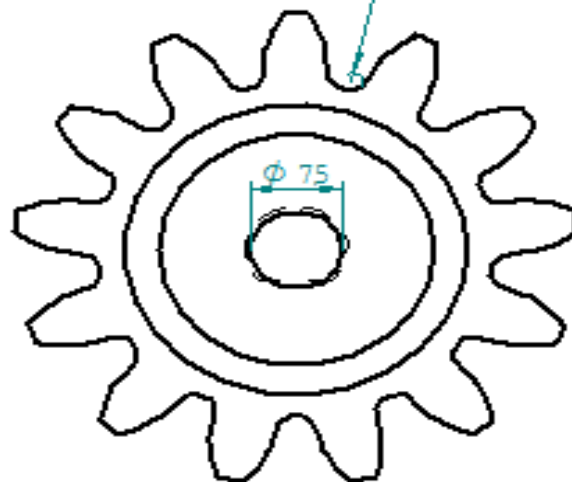
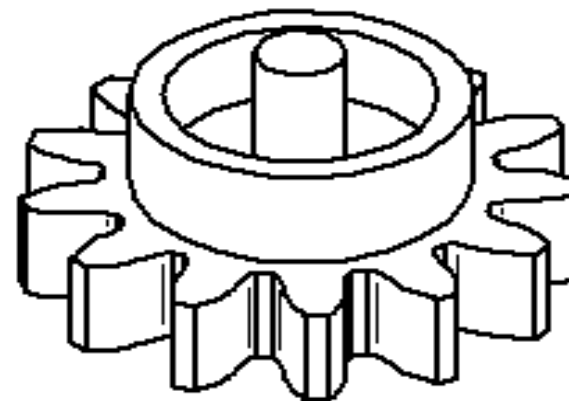
		Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software		
Comprobado	Arango		Titulo Rodamiento		<input type="checkbox"/>
Aprobado 1			A3 Plano		<input type="checkbox"/>
Aprobado 2			Archivo: rodamiento.aplan.aft		Rev <input type="checkbox"/>
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			Escala 1-1	Peso	Hoja 1 de 1

**FUNCIÓN:** Garantizar el movimiento del eje sin que este sea frenado por la presión del muelle.



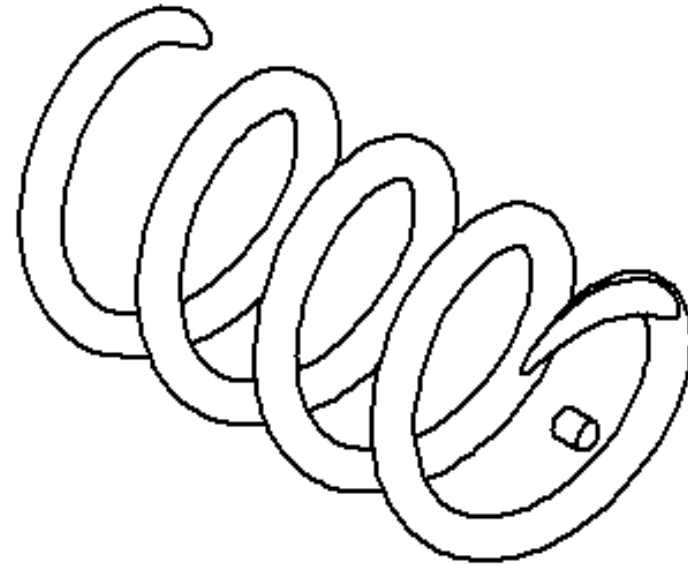
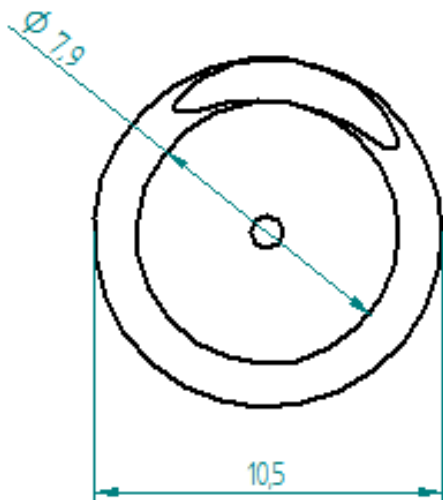
Nombre		Fecha	<b>Solid Edge ST</b>		
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software		
Comprobado			Título Corona <input type="checkbox"/>		
Aprobado 1					
Aprobado 2					
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0.5$ y $\pm 1$			A3	Plano <input type="checkbox"/>	Rev <input type="checkbox"/>
			Archivo: corona.pla.nadft		
			Escala 2-1	Peso	Hoj 1 de 1

**FUNCIÓN:** Transmitir la potencia del motor a la corona.



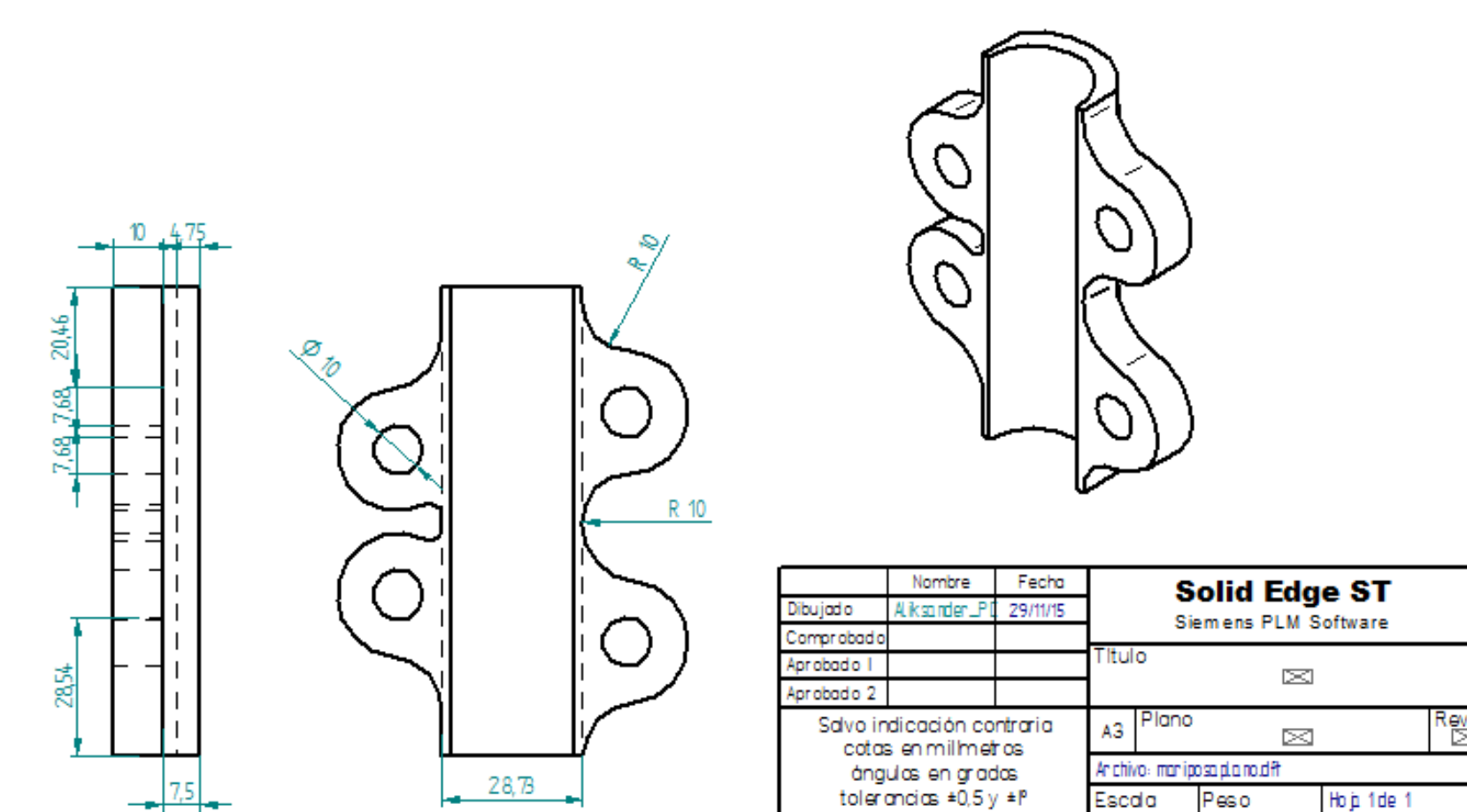
	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Titulo Corona ☒	
Comprabado				
Aprobado 1				
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\neq F$			A3	Plano ☒
			Rev. ☒	
			Archivo: corona.plano.dft	
			Escala 2-1	Peso
			Hoja 1 de 1	

**FUNCIÓN:** Transmitir la potencia del piñón al eje asentador de válvulas.

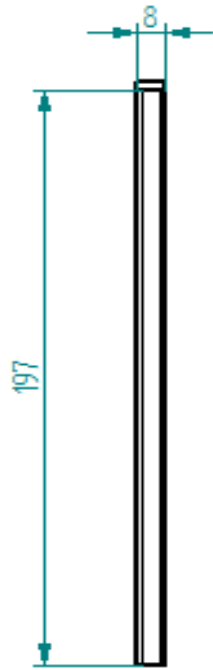


	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b>	
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Siemens PLM Software	
Comprobado			Titulo Resorte helicoidal	
Aprobado 1			<input type="checkbox"/>	
Aprobado 2				
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias $\pm 0,5$ y $\pm 1^\circ$			A3	Plano
			<input type="checkbox"/>	
			Archivo helicoidal.plano.dft	
			Escala 5-1	Peso
			Hoj 1 de 1	

**FUNCIÓN:** Ejercer presión sobre la cara plana de la cabeza de la válvula cuando actúa sobre el asiento de la culata.

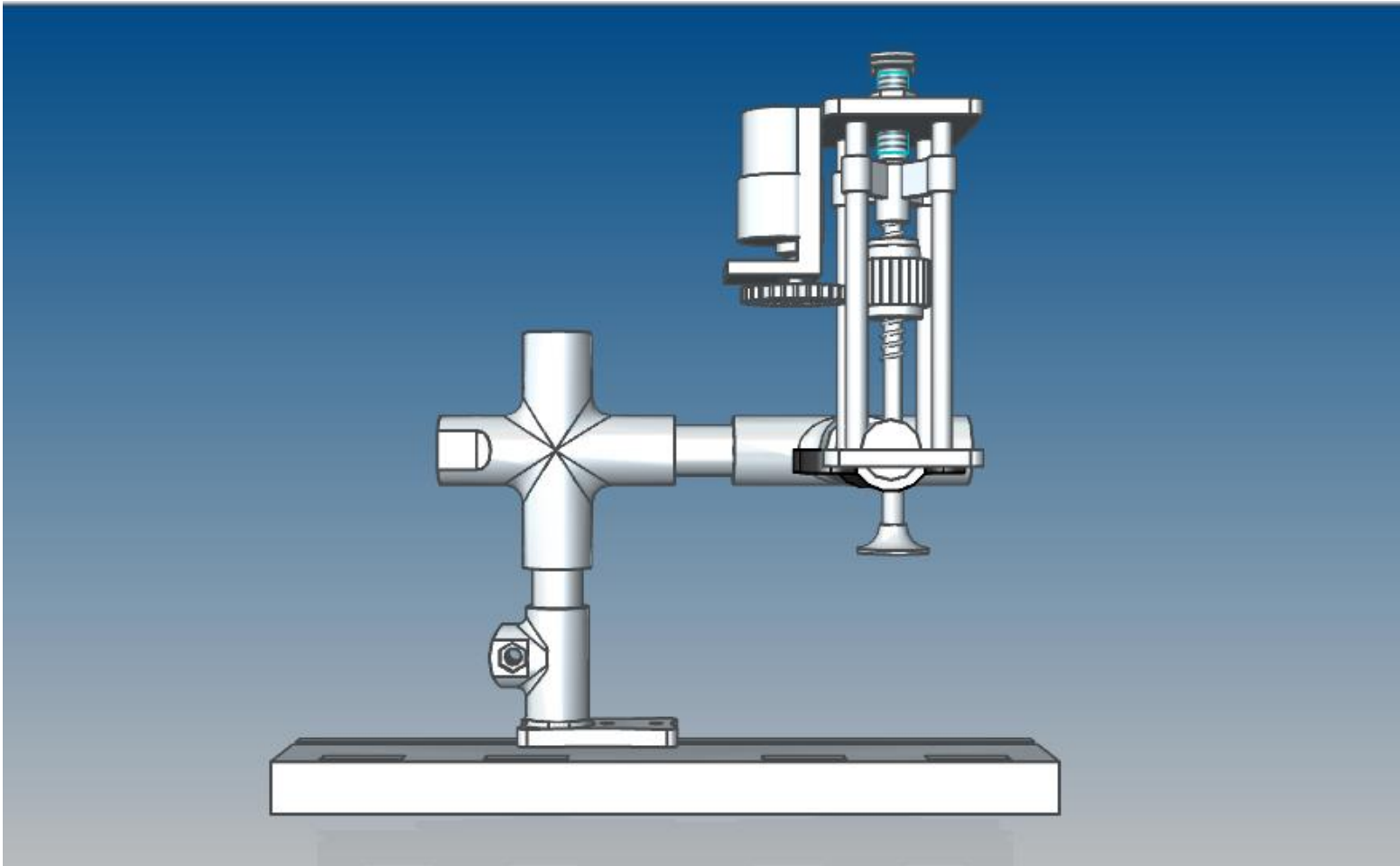


**FUNCIÓN:** Asegurar firmemente la posición de la plataforma de transmisión de potencia.



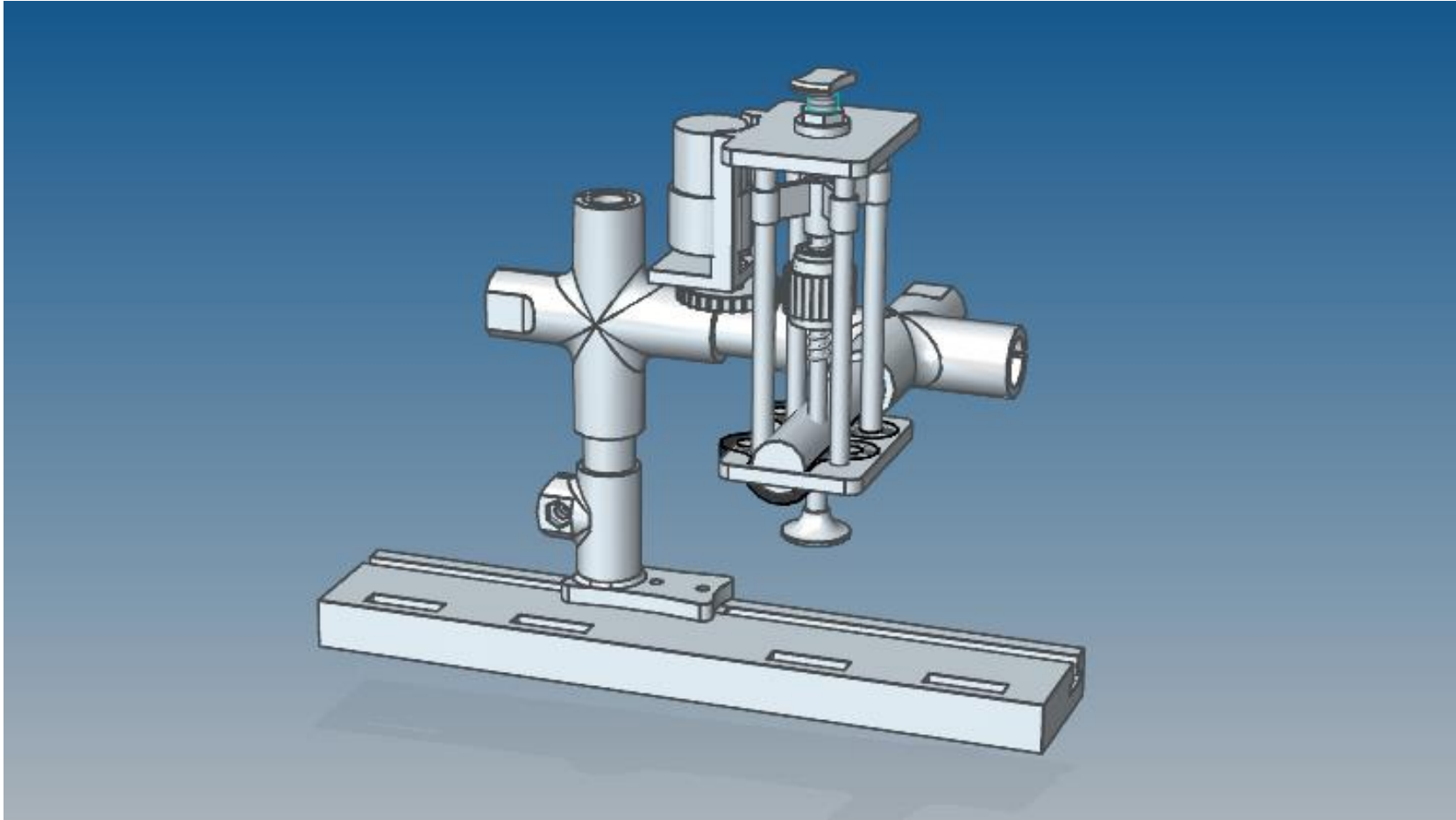
	Nombre	Fecha	<b>Solid Edge ST</b> Siemens PLM Software			
Dibujado	Alexander	2 Dic 2015	Titulo Tornillo Roscado <input type="checkbox"/>			
Comprobado						
Aprobado 1						
Aprobado 2						
Salvo indicación contraria cotas en milímetros ángulos en grados tolerancias ±0,5 y ±1°			A3	Plano <input type="checkbox"/>	Rev <input type="checkbox"/>	
			Archivo tornillo 8 mm.plano.dft			
			Escala 1 -2	Peso	Hoja 1 de 1	

**FUNCIÓN:** Sostener las bases inferior y superior de la plataforma que alojan al eje, el muelle la corona y el rodamiento.



Vista lateral derecha.





Vista isométrica.



Explosionado.