

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA EL SISTEMA DE DIRECCIÓN  
HIDRÁULICA DE CAMIONETAS Y AUTOMÓVILES PARA DETERMINAR UNA  
REPARACIÓN EXITOSA, MEJORAR EL SERVICIO Y TIEMPOS DE ENTREGAS.

DAVID DARIO DE LOS REYES DIAZ  
FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BARRANQUILLA

2014

DISEÑO DE UN BANCO DE PRUEBA PARA EL SISTEMA DE DIRECCIÓN  
HIDRÁULICA DE CAMIONETAS Y AUTOMÓVILES PARA DETERMINAR UNA  
REPARACIÓN EXITOSA, MEJORAR EL SERVICIO Y TIEMPOS DE ENTREGAS.

DAVID DARIO DE LOS REYES DIAZ  
FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

Proyecto de Grado, para optar por el título de Ingeniero Mecánico

Asesor disciplinar, Ing. Antonio Manuel Saltarín Jiménez  
Asesor metodológico, Ing. Gustavo Guzmán Reyes

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL CARIBE  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BARRANQUILLA  
2013

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## Dedicatoria

DAVID DARIO DE LOS REYES DIAZ

A Dios principalmente, por permitirme llegar hasta este punto, por darme sabiduría y entendimiento para lograr todos mis objetivos hasta ahora propuestos. A mis padres, quienes siempre estuvieron apoyándome en cada una de mis metas, gracias por brindarme la confianza y no dudar de mis capacidades. A mis hermanas por estar presentes en cada momento de mi vida. A mis amigos, compañeros, ingenieros y todas las personas que de alguna manera influyeron positivamente en mi formación como profesional.

FREDYS ANTONIO YUNEZ SALAS

Este proyecto se lo dedico a Dios por brindarme la sabiduría y la fortaleza para afrontar las situaciones difíciles que se han presentado a lo largo de mi formación personal y profesional, a mis padres por todo su apoyo incondicional, su comprensión y sus valiosas enseñanzas en valores y principios. También es dedicado a todos los profesores que han estado presentes en mi formación académica y han dejado su valiosa huella en este proceso, a los del programa de ingeniería mecánica que impartieron sus conocimientos y sus directrices para convertirme en ingeniero mecánico. Muy especialmente quiero dedicarlo a familia por su valioso apoyo, por ser la base fundamental en todo este crecimiento y por su incondicional cariño, gracias por tantas enseñanzas y estar ahí cuando más lo he necesitado.



Agradecemos...

A Dios por brindarnos sabiduría y entendimiento a lo largo de este proceso.

Al Ingeniero Antonio Manuel Saltarín Jiménez por aportar sus conocimientos y confiar en nuestras capacidades en la elaboración de este proyecto,

A todo el programa de Ingeniería Mecánica en cabeza del ingeniero Armando Robledo por contribuir a nuestra formación profesional.

A nuestros compañeros con los cuales compartimos las aulas de clase y los conocimientos impartidos por los profesores.

A los directivos de Bombas y repuestos del caribe por permitir la recolección de datos necesarios para la realización de esta tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	14
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
2. JUSTIFICACIÓN .....	16
3. OBJETIVOS .....	17
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	17
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	17
4. MARCO REFERENCIAL .....	18
4.1 MARCO TEÓRICO.....	18
4.1.1 Componentes del sistema de dirección hidráulica .....	19
4.2 MARCO LEGAL.....	23
4.3 MARCO CONCEPTUAL .....	23
4.4 ESTADO DEL ARTE .....	24
5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN. ....	31
5.1 TIPO DE ESTUDIO .....	31
5.2 METODO DE LA INVESTIGACIÓN.....	31
5.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	31
5.4 POBLACIÓN Y MUESTRA .....	31
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	33
SELECCIÓN DE VEHÍCULOS.....	33
7. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS.....	35
7.1 FASE DE DISEÑO CONCEPTUAL .....	35
7.2 CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBA.....	38
7.3 COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA .....	39
7.3.1 Elementos del banco de pruebas.....	40
7.4 Ensamblaje de banco de pruebas .....	47
7.5 Análisis y resultados.....	49

8.	DISEÑO ELÉCTRICO.....	67
9.	Evaluación analítica .....	69
10.	CONCLUSIONES.....	72
11.	RECOMENDACIONES .....	73
12.	BIBLIOGRAFIA .....	74
13.	ANEXOS .....	76

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición química acero A36.....	39
Tabla 2 Propiedades mecánicas acero A36.....	39
Tabla 3 Medidas del sistema.....	51
Tabla 4 Medidas del sistema.....	53
Tabla 5 Valores del motor monofásico.....	60
Tabla 6 Costos de la fabricación.....	78
Tabla 7 Resultado del análisis del flujo de estrada en el depósito.....	76
Tabla 8 análisis de las tuberías del banco de prueba para sistema de dirección hidráulico .....	76

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Esquema y despiece del interior de una bomba hidráulica .....	19
Figura 2: Esquema del interior de una válvula hidráulica.....	20
Figura 3: Caja de dirección hidráulica con corte para detallado interno.....	21
Figura 4: Esquema completo del sistema de dirección hidráulica.....	21
Figura 5: Propuesta # 1 .....	36
Figura 6: Propuesta # 2.....	37
Figura 9: Vista isométrica del banco y sus componentes .....	38
Figura 10: Deposito hidráulico.....	40
Figura 11 base para la bomba .....	41
Figura 12: base para la bomba y bomba.....	42
Figura 13 soporte de botella hidráulica .....	42
Figura 14: Mangueras de fluido hidráulico .....	43
Figura 15: Conexión en Te.....	43
Figura 16: Racores –Fitings .....	44
Figura 17: Válvula de bola .....	44
Figura 18: Medidor de flujo.....	45
Figura 19: Medidor de flujo y presión .....	45
Figura 20: Filtro de aceite .....	46
Figura 21: Reservorio.....	47
Figura 22: Vista superior del banco y sus componentes.....	47
Figura 24: Vista posterior del banco y sus componentes.....	47

Figura 23: Vista frontal del banco y sus componentes.....	48
Figura 25: Vista frontal detallada de los componentes del banco .....	48
Figura 26: Vista isométrica detallada de los componentes del banco.....	48
Figura 27: Vista isométrica de las mangueras y los accesorios .....	49
Figura 28: Velocidad del fluido de entrada.....	50
Figura 29: Paso del fluido por la válvula .....	50
Figura 30: Velocidad y comportamiento del fluido de entrada .....	52
Figura 31: Velocidad y comportamiento del fluido de entrada vista superior .....	52
Figura 32: Vista isométrica del codo .....	54
Figura 33: Sujeciones del codo .....	54
Figura 34: Tensión von mises .....	55
Figura 35: Desplazamiento estático .....	55
Figura 36: Desplazamiento unitario.....	55
Figura 37: Factor de seguridad .....	56
Figura 38: Soporte de la botella con restricciones y carga.....	57
Figura 39: Tensión von mises .....	57
Figura 40: Desplazamiento estático .....	58
Figura 41; Factor de seguridad .....	58
Figura 42: motor monofásico.....	61
Figura 43: Vista isométrica del motor y la base modelados en solidworks .....	61
Figura 44: Base para bomba, sujeciones y cargas .....	62
Figura 45: Tensión von mises .....	62
Figura 46 Desplazamiento estático .....	63

Figura 47: Factor de seguridad .....	63
Figura 48: Base para bomba.....	64
Figura 49: Base para bomba, sujeciones y cargas .....	64
Figura 50: Tensión von mises .....	65
Figura 51: Desplazamiento estático .....	65
Figura 52: Factor de seguridad .....	66
Figura 53Arranque de un motor monofásico.....	67
Figura 54:Q1: Guardamotor magnético (tipo GV-L/LE).....	67
Figura 55: KM1: Contactor tipo LC1-K, D, F.....	68
Figura 56: F1: Relé térmico. tipo LR. ....	68
Figura 57: grafico viscosidad ATF III vs SAE 10W-30.....	77

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Resultado análisis de FLOW SIMULATION SOLIDWORKS © en Excel	76
Anexo 2: Viscosidad del aceite ATF <sup>1</sup> tipo III.....	77
Anexo 3: Costos.....	82
Anexo 4: Planos de diseño del banco de pruebas del sistema de dirección hidráulicas.....	783



## SIGLAS

ATF: Aceite para transmisión automática.

CAD: Diseño Asistido por Computadora.

CFD: Computational Fluid Dynamics (Mecánica de fluido computacional).

ISO: International Organization for Standardization (Organización internacional de normalización).

VDMA: Verein deutscher Maschinenbau anstalten (Asociación de institutos de ingeniería alemana).

CETOP: Comité europeo de transmisiones oleodinámicas y neumáticas.

DIN: Deutsche norm.

ANSI: American national standards institute (Instituto de estándares Americanos)

## INTRODUCCIÓN

Bombas y Repuestos del Caribe Ltda. presta el servicio de reparación de sistemas hidráulicos además de la venta de refacciones para realizar y facilitar los cambios, la empresa cuenta con experiencia en el mercado sin embargo desean mejorar la calidad del servicio prestado, los tiempos de entrega y la satisfacción del cliente son prioridad, esto se representa en el aumento de las ganancias de la empresa.

Se hace importante la verificación de las reparaciones para evitar el desmonte posterior de la pieza reparada por alguna fuga en el sistema o mal funcionamiento del mismo. Actualmente se realizan las reparaciones del sistema y la forma de comprobar la reparación se hace de manera empírica o artesanal simulando el accionar de la bomba al hacerse girar con la mano, sin embargo esto no cumple con las condiciones que se presentan en el auto (presión, temperatura, vibración, etc.). De continuar esta situación no se cumplirá el objetivo principal de la empresa el cual es optimizar sus tiempos de entrega mejorando la calidad del servicio.

Por este motivo se desea diseñar un banco de pruebas para el sistema de dirección hidráulica con el cual se pretende comprobar el estado tanto de la bomba, como de la caja de dirección hidráulica estos son los componentes principales del sistema y los que presentan mayor desgaste y más tendencia a fallas.

## 1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Bombas y Repuestos del Caribe Ltda. Al prestar el servicio de reparación de sistemas de dirección hidráulicos desea mejorar la calidad del servicio prestado, los tiempos de entrega con la finalidad de mejorar las ganancias y disminuir las pérdidas de capital logrando la satisfacción del cliente.

Actualmente se hace la verificación de las reparaciones de manera poco tecnificada ya que no existe la maquinaria para garantizar el correcto funcionamiento de los componentes involucrados en el sistema de dirección. Por consiguiente en el 10 % de ocasiones la empresa se ve obligada a invertir más tiempo y recursos en el desmonte del sistema de dirección recién reparado para realizar los correctivos al sistema y volver a realizar la instalación nuevamente.

Además de convertirse en un inconveniente directo a la empresa por gasto de recursos y tiempo, el cliente encuentra frustrante el tiempo de demora en las entregas y la no detección de los posibles inconvenientes antes de realizar el montaje final. Esto afecta la imagen de la empresa como un prestador de servicios eficiente y eficaz.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Entre los diversos sistemas que funcionan en un vehículo uno de los más importantes y a los que se le debe la capacidad de maniobrar en los diversos terrenos es el sistema de dirección presente en todos los automotores, desde automóviles hasta tracto camiones. Dado su nivel de importancia es primordial contar con sistemas que garanticen su correcto funcionamiento.

Por lo que se hace necesario realizar reparaciones y revisiones al sistema antes de que se produzcan fallas que comprometan la maniobrabilidad del vehículo. Actualmente la empresa realiza reparaciones a los sistemas de dirección hidráulica, la problemática se presenta luego de la reparación dado que no existe un banco de pruebas donde verificar que el proceso de reparación ha sido satisfactorio o si existe algún otro inconveniente con el sistema de dirección del vehículo.

El diseño de un banco de prueba corregiría los inconvenientes posteriores a la reparación para que el sistema trabaje de manera óptima antes de ser instalado en los vehículos. También se realiza un manual para que el técnico encargado de la reparación conozca cuales son los valores correctos de operación de los vehículos que son reparados con mayor frecuencia.

Para el desarrollo del proyecto se determina los vehículos que son reparados con mayor frecuencia, las características del sistema como lo son la presión, el caudal, revoluciones de trabajo entre otros. El análisis teórico de las condiciones del fluido dentro del banco de prueba y las condiciones que debe cumplir para determinar que la reparación ha sido exitosa.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un banco de prueba para revisar el sistema de dirección hidráulica antes de su montaje final, con el fin de mejorar la calidad del servicio prestado y los tiempos de entrega.

#### 3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Obtener datos de los vehículos comúnmente reparados para obtener las condiciones de trabajo (revoluciones de trabajo, presión de las bombas y caudal).
- Definir las características y restricciones del banco de prueba para desarrollar el diseño conceptual.
- Diseñar y simular con software CAD los elementos y el funcionamiento con CFD del banco de prueba para bombas y cajas hidráulicas.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 MARCO TEÓRICO

La hidráulica es la ciencia que forma parte la física y comprende la transmisión y regulación de fuerzas y movimientos por medio de los líquidos. La ventaja que implica la utilización de la energía hidráulica es la posibilidad de transmitir grandes fuerzas,[empleando para ello pequeños elementos y la facilidad de poder realizar maniobras de mandos y reglaje.<sup>1</sup>

Este tipo de sistemas manejan presiones muy altas de trabajo que son suministradas al sistema a través de bombas o motores hidráulicos, que son los encargados de agregar energía al sistema. También se necesitan elementos de lectura de datos como manómetros.

---

<sup>1</sup> (18 de Diciembre 2013). SISTEMAS HIDRÁULICOS. Disponible desde internet en: <<http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>>.

#### 4.1.1 Componentes del sistema de dirección hidráulica.

La finalidad del sistema de dirección hidráulica en los vehículos es reducir el esfuerzo que el conductor realiza para realizar el giro de las ruedas, esto se logra por medio de la utilización de la bomba hidráulica y la caja de dirección hidráulica o también llamada botella de dirección.<sup>2</sup>

- Bomba de dirección hidráulica: consiste en una bomba de paletas o aspas que es la encargada de tomar el fluido proveniente del depósito y enviar un flujo constante hacia la caja de dirección. Es accionada por medio de una correa y polea o por medio de engranajes que giran un eje central que hace rotar las aspas para generar presión dentro del anillo excéntrico. [la cámara entre el rotor y el estator aumenta y disminuye de volumen. Esta máquina se construye como máquina de desplazamiento fijo y como máquina de desplazamiento variable. Para variar el desplazamiento basta variar la excentricidad del rotor. Si la excentricidad es 0 el desplazamiento es nulo también.<sup>3</sup>

Figura 1: Esquema y despiece del interior de una bomba hidráulica



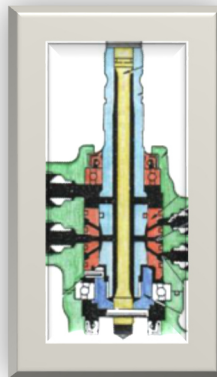
Fuente: AVILA, Eduardo. 30 de marzo de 2010(18 de Diciembre 2013). Bombas de engranes. Disponible en: <<http://eduardoavilahdz.blogspot.com/>>.

<sup>2</sup> MELIOR, INC. 2004 (18 de Diciembre 2013). Steering and Suspension Systems Study Guide. Disponible en internet: <<http://teachersites.schoolworld.com/webpages/MTurner/files/studyguide%20suspension%20and%20steering.pdf>>.

<sup>3</sup> MATAIX, Claudio. MECÁNICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS. México: ALFAOMEGA, 1982. p. 574.

- Depósito de fluido hidráulico: es un depósito hidráulico abierto al ambiente por lo que no contiene grandes presiones internas en su mayoría son de compuestos plásticos y algunos de láminas de acero, se encarga de recibir y enviar el flujo proveniente del sistema.
- Válvula de control: se encuentra en la parte superior de la botella de dirección y conectada al timón. Es la encargada de direccionar el flujo proveniente de la bomba hacia los cilindros de la botella que asistirá el movimiento del conductor.

Figura 2: Esquema del interior de una válvula hidráulica

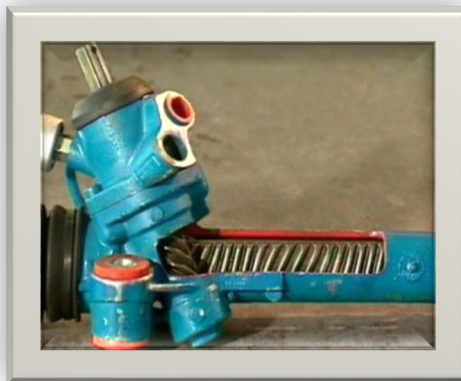


Fuente: ORTIZ TRUJILLO, Víctor. 2012 (18 de Diciembre 2013). SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Mundo Mecánica Automotriz. Disponible en internet: <<http://www.slideboom.com/presentations/593744/SISTEMA-DE-DIRECCI%C3%93N-HIDR%C3%81ULICA>>.

- Caja de dirección (botella de dirección): consiste en su manera más sencilla en una cremallera y un tornillo sin fin conectado a la válvula de control y esta a su vez conectada con el timón.

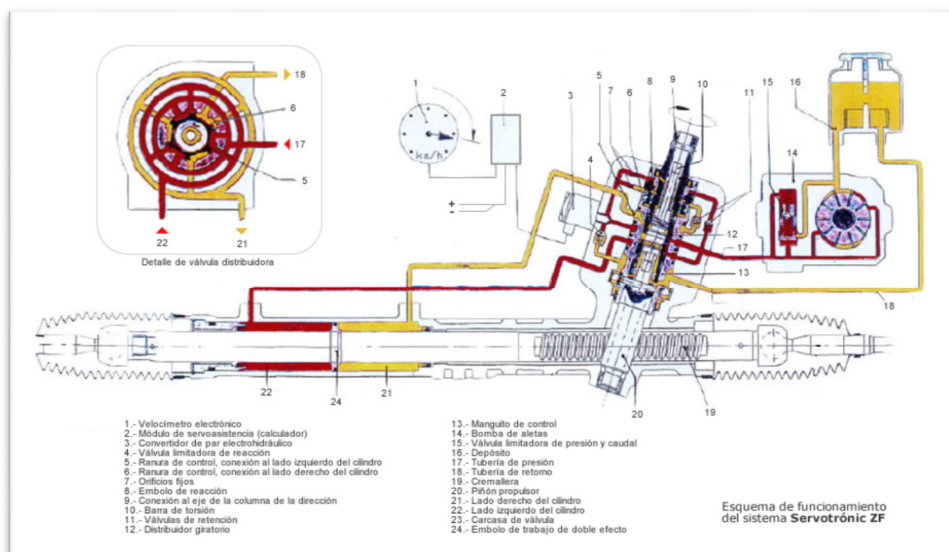


Figura 3: Caja de dirección hidráulica con corte para detallado interno



Fuente: (18 de Diciembre 2013). Rack-and-pinion gearbox. Disponible en: <<http://www.cdtextbook.com/steersusp/steer/boxesColumns/rackpingearbox.html>>.

Figura 4: Esquema completo del sistema de dirección hidráulica



Fuente: MEGANEBOY, Dany. (18 de Diciembre 2013). Sistema de Dirección. Disponible en: <<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistencia-variable.htm>>.

En la figura anterior se observa el funcionamiento del sistema de dirección hidráulico por medio del esquema e identificación por colores. Inicialmente la bomba hidráulica recibe del depósito el fluido hidráulico a presión ambiente y por medio de las aspas que posee eleva la velocidad y presión del fluido hasta las condiciones necesarias de trabajo, de ahí se dirige por medio de las mangueras hacia la botella de dirección que tiene dos conexiones una de entrada y otra de salida de fluido en la válvula selectora. Dependiendo del lado hacia donde se gire el timón la válvula direccionara el fluido a unos canales que luego envían el fluido a presión a una de las dos cámaras de presión de la botella, en este punto la cremallera se comporta como un pistón que se mueve por acción de la presión del fluido asistiendo el movimiento del conductor disminuyendo la cantidad de fuerza necesaria para realizar el movimiento.

Los problemas principales en este sistema se deben a caídas de presión ya sean por desgaste de piezas de la bomba o problemas de sellado en la caja de dirección, la mejor manera de determinar cuál es la falla del sistema es desmontando cada componente y verificar su estado real.

Las reparaciones en caso de problemas de sellado en la caja de dirección generalmente se solucionan con el cambio de la empaquetadura que posee, en casos de desgaste extremo la cremallera sufre corrosión por el ingreso de agua en el sistema y se hace necesario reemplazar la cremallera o la caja de dirección por completo. En el caso de la bomba el proceso de reparación consiste en la verificación del rotor, cuchilleros y pistas que hacen parte del interior de la bomba de dirección usualmente se cambian en casos de desgaste, también se hace necesario verificar el desgaste que tenga la carcasa de la bomba hidráulica que en algunos casos es necesario reemplazar la bomba completa y no solo los interiores.

La determinación de una reparación exitosa se logra al determinar que la caja de dirección no tiene perdidas esto se logra ubicándola en el vehículo con sus respectivas conexiones, al realizar este procedimiento de la manera convencional se utiliza mucho tiempo y en el caso de que existan fugas hay que desmontar

nuevamente la botella desarmar y verificar que fallo en la reparación. Para la bomba de dirección se realiza un procedimiento similar que consiste en montar la bomba y probar con el vehículo encendido si la presión que envía la bomba es correcta al observar la cantidad de esfuerzo necesario para mover el timón. De igual manera es un procedimiento artesanal que no tiene en cuenta los parámetros dados por el fabricante y no tiene ningún parámetro de referencia para medir la calidad de la reparación.

#### 4.2 MARCO LEGAL

En el desarrollo de las actividades de diseño y fabricación de sistemas de dirección hidráulica, existen normas que son las reguladoras para los tipos de aceite, tipos de tuberías, conexiones, uniones y simbología. Las normas en general son estandarizadas por organismos internacionales estos organismos son:

- International standaring organization. ISO(R-65)
- Verein deutschermaschinebau anstalten. Alemania. VDMA. (24317 y 24320)
- Comité europeo de transmisiones oleodinámicas y neumáticas. CETOP.
- Deutsche Norm. DIN (51524-51525-2440-2441)
- American National Standards Institute. ANSI (10-160)

#### 4.3 MARCO CONCEPTUAL

Es de vital importancia determinar las unidades y estándares, que serán usados en el desarrollo del proyecto. Gran parte de las mediciones y cálculos del proyecto serán acordes al sistema internacional, algunas medidas de ciertos componentes para el banco de prueba pertenecen al sistema inglés, como son los diámetros de tuberías racores de conexión entre otros.

#### 4.4 ESTADO DEL ARTE

Actualmente en la empresa se realizan reparaciones del sistema de dirección hidráulico de automóviles y camionetas basados en conocimientos empíricos o cursos de reparación de estos sistemas. Sin embargo no existen medios de comprobar si el sistema funciona correctamente antes de su montaje final en el vehículo.

Existen pocos registros de diseño e implementación de bancos de pruebas para sistemas de dirección hidráulica dado que una gran cantidad de empresas fabricantes no muestran registros de los proyectos de fabricación de maquinarias. Estos son dos proyectos de diseños de bancos de prueba hidráulicos:

##### 4.4.1 Título del proyecto

“DISEÑO Y VALIDACIÓN DE BANCO DE ENSAYOS PARA SISTEMA DE CONTROL ELECTRÓNICO HIDRÁULICO”

Desarrollador

Lorena Boira Moreno

MADRID, Junio 2010

DIRECTOR DEL PROYECTO:

Dr. Luis Barrada Buch

Ingeniero Industrial

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto trata del diseño, fabricación y puesta en marcha de un banco de pruebas para el testado de ciertos componentes del conjunto ruedas auxiliares de un obús.

Estos componentes son el acumulador, la unidad proporcional y los brazos con sus respectivos cilindros.

El objetivo final de este banco es que el cliente pueda producir en serie dicho vehículo militar. La máquina destinada a este fin tiene una estructura en forma de Z formada por una serie de vigas cuadradas de sección suficiente como para soportar con toda seguridad los esfuerzos a los que se verán sometidas sin deformación apreciable.

El diseño del banco está condicionado a la aplicación de la Directiva de máquinas 98/37/CE. Cumpliendo la normativa vigente, se cumplen a su vez unos requisitos de seguridad y calidad. También permite la circulación de compra y venta en toda la comunidad europea.

El banco de ensayos está formado principalmente por: la bancada, el pupitre de control, un sistema eléctrico de potencia que alimenta a un motor eléctrico, un sistema hidráulico y un sistema eléctrico de control que posibilita la funcionalidad del banco de ensayos.

#### 4.4.2 Título del proyecto

“PROYECTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS DE LA DIRECCIÓN HIDRÁULICA EN EL TALLER DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ DE LA FACULTAD DE MECÁNICA DE LA ESPOCH”

Desarrollador

## PILAMUNGA AGUALONGO EDWIN ANÍBAL

Riobamba-Ecuador

Año

2009

### Propósito

En el taller de la Escuela de Ingeniería Automotriz de la Facultad de Mecánica de Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, se procede a la implementación de un banco de pruebas de la dirección hidráulica, el cual partió de un estudio previo para la ejecución de este proyecto.

Este banco de pruebas de la dirección hidráulica (piñón-cremallera), fue diseñado con la finalidad de unir tanto lo teórico como lo práctico, lo que contribuirá a desarrollar en los estudiantes habilidades y destrezas con alto nivel de conocimiento que respondan a las exigencias modernas en la actualidad.

### Resultado y conclusiones

Se cumplió con el objetivo principal de la implementación del banco de pruebas, con un resultado satisfactorio.

Se investigó acerca de la hidráulica y de la dirección (piñón cremallera), reforzando la base teórica.

La implementación tomo un tiempo prudencial para su finalización a pesar de inconvenientes que aparecieron en el transcurso.

Durante la evaluación de las guías asignadas se observó el comportamiento del sistema, y se tomó en cuenta detalles como reajustes y centramiento.

Se gastó una determinada cantidad de recursos económicos para la conclusión del proyecto sin embargo no fueron suficientes.

#### 4.4.3 Título del artículo

##### Dirección electromecánica de asistencia variable

En estos últimos años se está utilizando cada vez más este sistema de dirección, denominada dirección eléctrica. La dirección eléctrica se empezó a utilizar en vehículos pequeños (utilitarios) pero ya se está utilizando en vehículos del segmento medio, como ejemplo: la utilizada por el Renault Megane.

En este tipo de dirección se suprime todo el circuito hidráulico formado por la bomba de alta presión, depósito, válvula distribuidora y canalizaciones que formaban parte de las servodirecciones hidráulicas. Todo esto se sustituye por un motor eléctrico que acciona una reductora (corona + tornillo sinfín) que a su vez mueve la cremallera de la dirección.

Sus principales ventajas son:

- Se suprimen los componentes hidráulicos, como la bomba de aceite para servoasistencia, entubados flexibles, depósitos de aceite y filtros.
- Se elimina el líquido hidráulico.
- Reducción del espacio requerido, los componentes de servoasistencia van instalados y actúan directamente en la caja de la dirección.
- Menor sonoridad.
- Reducción del consumo energético. A diferencia de la dirección hidráulica, que requiere un caudal volumétrico permanente, la dirección asistida electromecánica solamente consume energía cuando realmente se mueve la dirección. Con esta absorción de potencia en función de las necesidades se reduce también el consumo de combustible (aprox. 0,2 L cada 100 km).
- Se elimina el complejo entubado flexible y cableado.
- El conductor obtiene una sensación óptima al volante en cualquier situación, a través de una buena estabilidad rectilínea, una respuesta

directa, pero suave al movimiento del volante y sin reacciones desagradables sobre pavimento irregular.

Como se puede ver, este sistema de dirección se simplifica y es mucho mas sencillo que los utilizados hasta ahora.

Sus inconvenientes son:

Estar limitado en su aplicación a todos los vehículos (limitación que no tiene el sistema de dirección hidráulica) ya que dependiendo del peso del vehículo y del tamaño de las ruedas, este sistema no es válido. A mayor peso del vehículo normalmente más grandes son las ruedas tanto en altura como en anchura, por lo que mayor es el esfuerzo que tiene que desarrollar el sistema de dirección, teniendo en cuenta que en las direcciones eléctricas todo la fuerza de asistencia la genera un motor eléctrico, cuanto mayor sea la asistencia a generar por la dirección, mayor tendrá que ser el tamaño del motor, por lo que mayor será la intensidad eléctrica consumida por el mismo.

Un excesivo consumo eléctrico por parte del motor eléctrico del sistema de dirección, no es factible, ya que la capacidad eléctrica del sistema de carga del vehículo está limitada. Este inconveniente es el que impide que este sistema de dirección se pueda aplicar a todos los vehículos, ya que por lo demás todo son ventajas. Dirección electromecánica de asistencia variable.

#### 4.4.4 Título del artículo

Dirección asistida eléctrica, qué es y cómo funciona.

Desarrollador

Ricardo Castro

Año



2012

La EPS o dirección asistida eléctricamente tiene como componentes principales un sensor de par montado en el eje del volante, un motor eléctrico acoplado al eje de dirección y un computador.

El sistema de dirección asistida hidráulicamente es el más utilizado en este momento en nuestro país. Este sistema es confiable y simple, pero no libre de defectos. Hay un consumo de combustible que se genera por la resistencia que aplica la bomba hidráulica que se acopla al motor de combustión, esta bomba está siempre en operaciones mientras funcione el motor a combustión elevando el consumo de gasolina.

La nueva tecnología que se está utilizando es la dirección asistida eléctricamente: Se cambia el motor hidráulico por uno eléctrico que se acciona solo en los momentos necesarios reduciendo el consumo de gasolina.

La EPS o dirección asistida eléctricamente tiene como componentes principales un sensor de par montado en el eje del volante, un motor eléctrico acoplado al eje de dirección y un computador que monitorea el funcionamiento y acciona el motor eléctrico. En el momento que se gira el volante, el sensor capta el torque del giro o la fuerza que se le aplica, la que es recibida por el computador de la dirección, el cual acciona el motor eléctrico que ayuda a girar el eje de la cremallera de dirección.

Más complejo de reparar

Como todas estas nuevas tecnologías, aunque son de mucha ayuda para el confort, en el momento de las reparaciones pueden ser un poco más complicadas que los sistemas antiguos.

En el caso de esta tecnología, muchas de las reparaciones que tienen que ver con el sistema de dirección deben ser llevadas a cabo con herramientas especiales como un Scanner automotriz. Esto para efectos de alineación del volante, diagnóstico y adaptaciones luego de la reparación.

Por ser un sistema de última generación es recomendable llevar un vehículo con una falla del EPS a un servicio técnico autorizado por falta de conocimiento de muchos técnicos.

El ahorro de combustible en este sistema puede llegar a 0.2 kilómetros por litro de combustible, que es un ahorro significativo.

También está la seguridad que da por la adaptación que lleva a cabo el computador en todo momento. Este sistema de dirección por lo general está conectado a la red de computadores del vehículo compartiendo información y haciendo al vehículo más eficiente aún.

## 5. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.

### 5.1 TIPO DE ESTUDIO

Se desarrolla un tipo de investigación cuantitativa descriptiva dada la naturaleza del proyecto en el cual hay que realizar mediciones de diferentes magnitudes como lo son velocidad del fluido, caudal, presión, entre otros, y los cálculos inherentes para el diseño de máquinas y la mecánica de fluidos.

### 5.2 METODO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la obtención de datos y el análisis de estos se selecciona un método de investigación analítico y sintético que permiten el análisis individual de cada una de los componentes que constituyen el banco de prueba y luego agruparlas para generar un número menor de ecuaciones para su análisis más sencillo.

### 5.3 FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Las fuentes de información necesaria para el diseño del banco de pruebas para el sistema de dirección hidráulica, son los catálogos y manuales de mantenimiento de los diferentes fabricantes de los vehículos. Estos manuales describen el caudal de las bombas hidráulicas y las presiones de funcionamiento, lo que constituye la base del desarrollo de las características del banco de prueba que debe poder adaptarse a los requisitos de funcionamiento para realizar las medidas correspondientes.

### 5.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población en general son los automotores camperos, camionetas, camiones, buses, micro buses y automóviles con sistema de dirección hidráulica y mecánica en barranquilla y la región Caribe en general.

El proyecto se limita en una muestra constituida en: automóviles camionetas y camperos, clientes de la empresa.

## 6. DESARROLLO DEL PROYECTO

### SELECCIÓN DE VEHÍCULOS

Los vehículos seleccionados para el desarrollo del banco de prueba del sistema de dirección hidráulica son Toyota Hilux (Vigo) 2005-2010, Chevrolet D-Max 2005-2006, Renault (Logan, Clio) 2003-2009.

Se seleccionaron estos vehículos por ser los de mayor reparación en cuanto a bombas y botellas de dirección hidráulica, además de tener sistemas de dirección hidráulica comunes por lo que la mayoría de vehículos podrían ser evaluados con base a los sistemas de estos.

Las características de presión de trabajo enviada por las bombas hidráulicas de los diferentes productos son los siguientes.

#### Toyota HILUX VIGO

Bomba de dirección hidráulica

Desplazamiento de flujo nominal: 18.0ml/rev

Presión máxima: 100bar (1450psi)

Velocidades de rotación de trabajo: 500-3600rev/min

Flujo de salida de bomba: 13.0L/min

Dirección de rotación: izquierda

Tubería de alimentación: M24×1.5

Tubería de descargue: M16×1.5

## Chevrolet D-MAX

Desplazamiento de flujo nominal: 7.2ml/rev

Presión máxima: 9.6-10.3MPa (1392 psi)

Velocidades de rotación de trabajo: 500-7500rev/min

Flujo de salida de bomba: 7.2-8.8L/min

Tubería de alimentación:  $\varphi$ 15

Tubería de descargue: M14X1.5-6H

Dirección de rotación: Derecha

## Renault Logan, Clio

Desplazamiento de flujo nominal: 18ml/rev

Presión máxima: 100bar (1450 psi)

Velocidades de rotación de trabajo: 500-3600 rev/min

Flujo de salida de bomba: 13.0L/min

Tubería de alimentación:  $\varphi$ 15

Tubería de descargue: M14X1.5-6H

Dirección de rotación: Derecha

Luego de seleccionar los vehículos más frecuentemente reparados por BOMBAS Y REPUESTOS DEL CARIBE se prosigue a determinar los valores máximos de trabajo del sistema. En el caso de estos vehículos los niveles más altos de trabajos se encuentran en los valores de 1450 psi para presión y 13 Lt/min en caudal por lo que el banco debe trabajar con estas cantidades permitiéndole al usuario un ambiente de trabajo seguro.

## 7. DISEÑO DEL BANCO DE PRUEBAS

Para el diseño de la estructura del banco de pruebas se realizó con la empresa un plan de diseño donde se toma en cuenta los aspectos importantes para el desarrollo del banco, los aspectos que la empresa requiere son:

- Estabilidad del banco ante las posibles vibraciones del motor.
- Una mesa de trabajo amplia para poder realizar las reparaciones en él.
- Ergonomía en la posición de trabajo (altura suficiente para realizar los trabajos en una posición de pie).
- De mantenimiento poco complejo y económico.
- Manejo de fluidos de desperdicio hacia un depósito temporal.
- Soporte de bombas hidráulicas de diferentes tamaños.

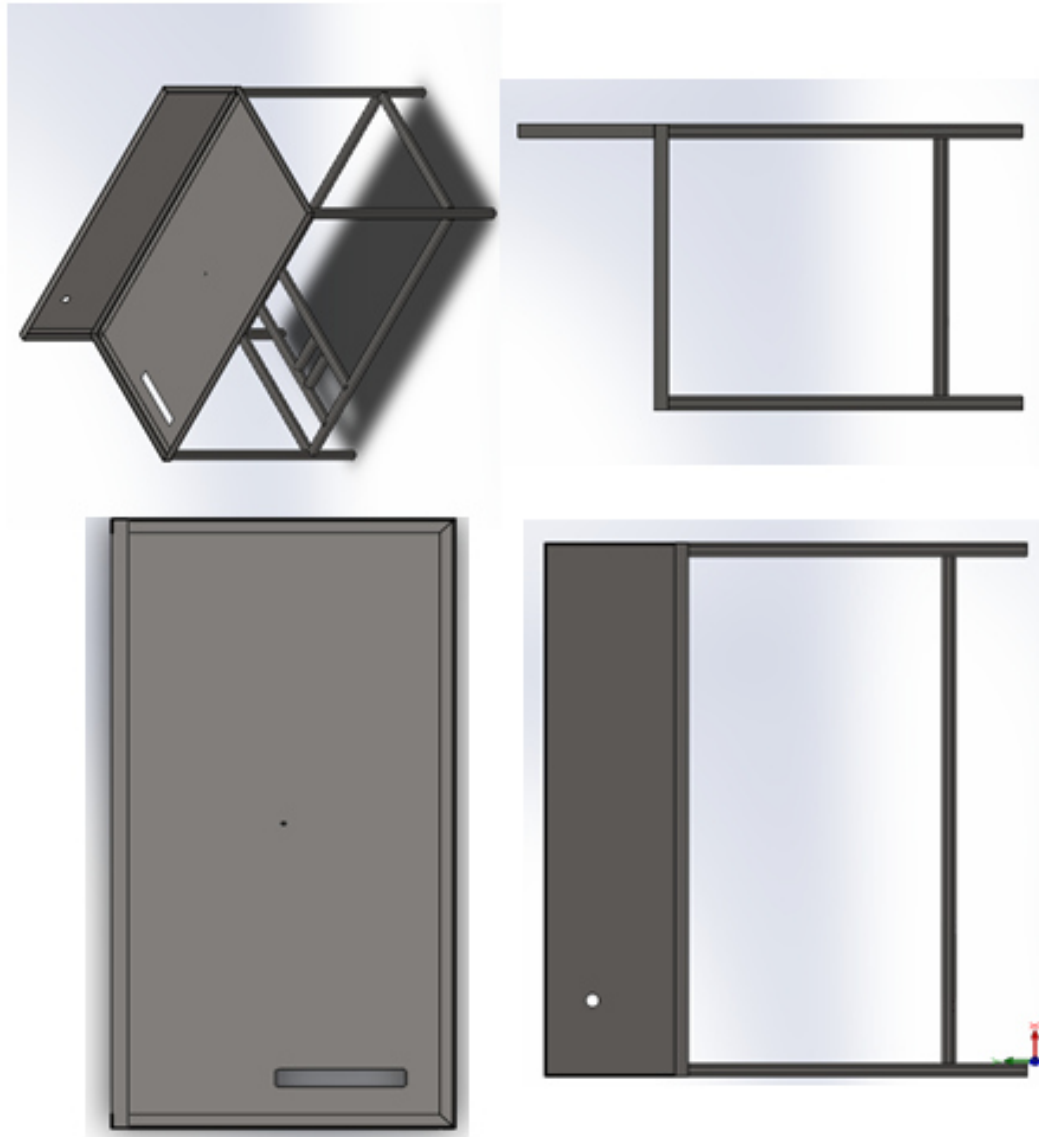
Además de estos también se solicita que el manejo de los instrumentos sea sencillo y que la curva de aprendizaje sobre el banco y su funcionamiento no presente demoras. Se solicita que el material con el que se realiza el banco presente condiciones mecánicas como resistencia y durabilidad.

### 7.1 FASE DE DISEÑO CONCEPTUAL

Luego de recibir la información de la empresa se proponen dos alternativas de diseño para el banco de pruebas de los cuales se selecciona el que mejor se adapte a los requerimientos ya presentados.

El primer diseño consiste en un banco con las características de altura y ergonomía para el trabajo sobre el mismo, el orificio de drenaje y una posición de instrumentos baja.

Figura 5: Propuesta # 1

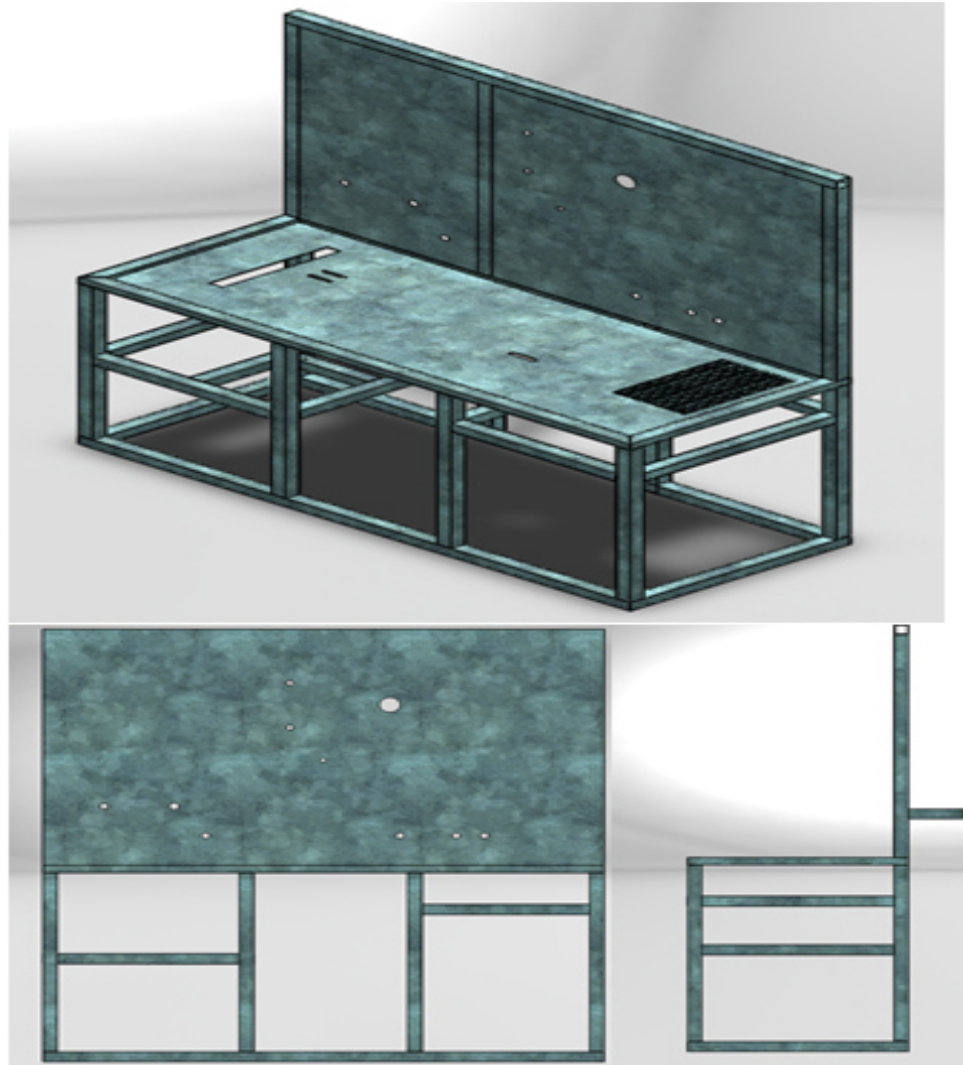


Fuente: Autores

La segunda propuesta contempla un banco de pruebas más grande con mayor estabilidad al estar apoyado sobre una superficie mayor, un panel frontal más alto para que la lectura de los valores de presión y flujo fuese más cómoda.



Figura 6: Propuesta # 2



Fuente: Autores

Se selecciona la segunda propuesta por presentar mayores beneficios y se ajusta más a las especificaciones de la empresa. Al estar diseñada en secciones de tubos cuadrados tiene más estabilidad y reduce las posibles vibraciones que pueda generar el motor eléctrico al ser puesto en marcha, es más alta por lo que permiten la ubicación de los instrumentos de medida a una altura óptima.



para el panel de instrumentos y la mesa de trabajo. A continuación se presentan las propiedades del acero A36.

Tabla 1 Composición química acero A36

	Hasta 3/4 in.	Hasta 1-1/2 in.	Hasta 2-1/2 in.	Hasta 4 in.	Sobre 4 in.
Carbono %	0.250	0.250	0.260	0.270	0.290
Manganeso %	--	0.800/1.200	0.850/1.200	0.850/1.200	0.850/1.200
Fósforo %	0.040	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre %	0.050	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio %	0.400 max	0.400 max	0.150/0.400	0.15/0.400	0.15/0.400
*Cobre min %	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
*cuando se especifique					

Fuente: Estándar ASME/ASTM A 36/A 36M

Tabla 2 Propiedades mecánicas acero A36

Resistencia a la tracción:	58,000 - 80,000 psi [400-550 MPa]
Min. Punto de fluencia:	36,000 psi [250 MPa]
Elongación en 8":	20% min
Elongación en 2":	23% min

Fuente: Estándar ASME/ASTM A 36/A 36M

Al ser seleccionado los materiales se continúa con los demás elementos que compondrán el banco de prueba para su funcionamiento.

### 7.3 COMPONENTES DEL BANCO DE PRUEBAS DE SISTEMAS DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA

Los elementos que componen el banco de pruebas deben cumplir con los requerimientos del cliente en cuanto al costo de instalación, reparación o reemplazo, con el objetivo de disminuir los gastos operacionales y de

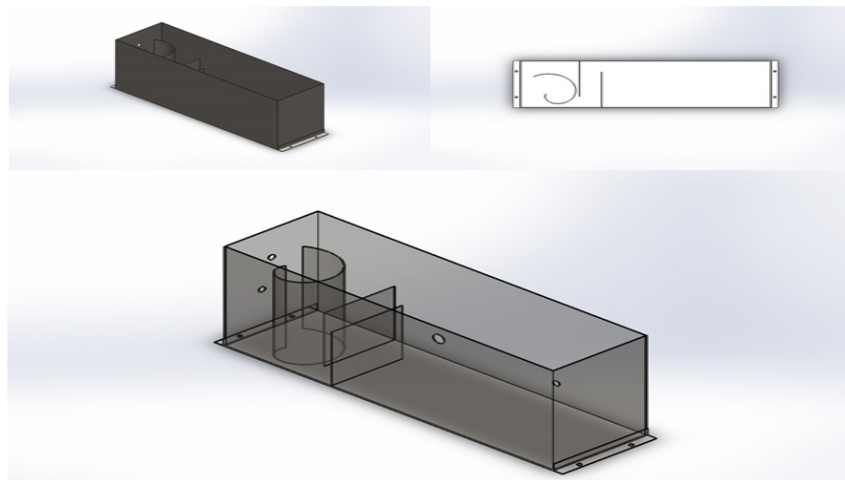
mantenimiento, por lo que se escogen materiales de fácil acceso en el mercado local y costos bajos.

### 7.3.1 Elementos del banco de pruebas.

Depósito de aceite hidráulico: los depósitos de fluidos se clasifican en dos tipos los cerrados y los abiertos. Los cerrados contienen al fluido en un ambiente confinado en el cual se acumula a altas presiones, los depósitos abiertos son aquellos donde se almacena el fluido de trabajo bajo la presión ambiente.

Para el manejo de las presiones y velocidades de entrada del fluido de retorno se hace necesaria la ubicación de baffles (deflectores), que son los encargados de disminuir la velocidad del flujo al entrar en el depósito evitando que ese genere turbulencia y burbujas dentro del fluido de trabajo.

Figura 8: Deposito hidráulico



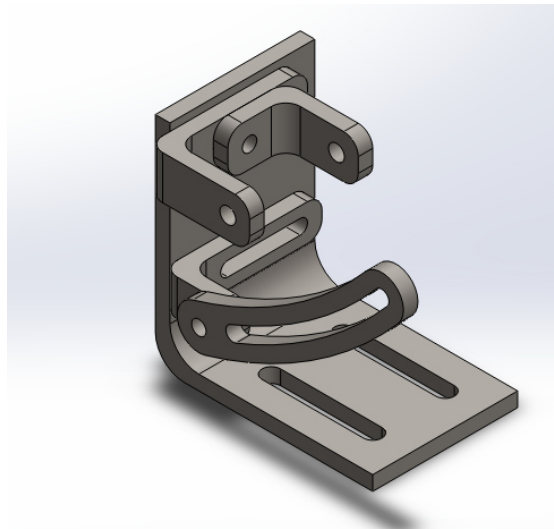
Fuente: Autores

En la imagen anterior se puede observar el depósito hidráulico del banco de prueba que está diseñado para ser fabricado con lámina de acero de dos milímetros de espesor al igual que los deflectores.

En el caso de los deflectores se puede observar que uno de los diseñados se muestra en forma de espiral, esto con el objetivo de evitar que el fluido que entra en el depósito impacte de manera directa contra una sección frontal lo que ocasiona salpicaduras excesivas, al tener esta forma geométrica obliga al fluido a generar una espiral por donde la mayoría del fluido baja disminuyendo la salpicadura y bajando la velocidad del fluido de manera más eficiente.

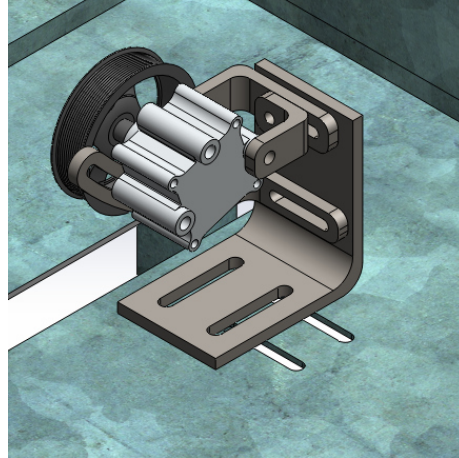
Soporte de la bomba hidráulica: la ubicación de la bomba hidráulica se realizará por medio de este elemento que consiste en cinco piezas individuales conectadas por tornillos y tuercas que permiten desplazamientos entre ellas para lograr acoplar cualquier tamaño de bomba hidráulica. En la base del soporte se agregaron dos ranuras que permiten el movimiento hacia adelante y atrás del soporte, sumados a las dos ranura que tiene la mesa de trabajo permite el movimiento lateral de la base lo que otorga más movilidad para alinear y tensar la correa. Al igual que la estructura se pretende fabricar con acero estructural, para brindar mayor rigidez.

Figura 9 base para la bomba



Fuente: Autores

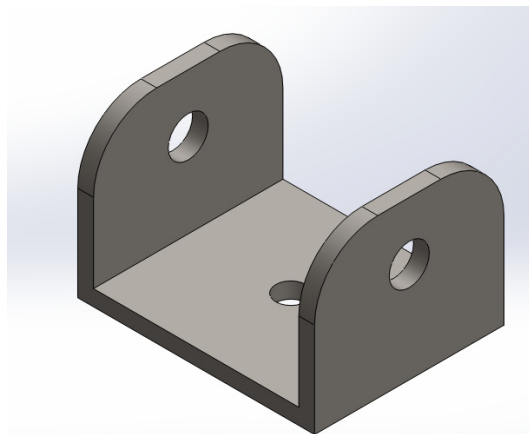
Figura 10: base para la bomba y bomba



Fuente: Autores

Soporte de la botella hidráulica: es de configuración más sencilla dado que solo debe sostener la botella en un punto para realizar las conexiones de las mangueras hidráulicas. También diseñada para ser fabricada con una sección de acero estructural.

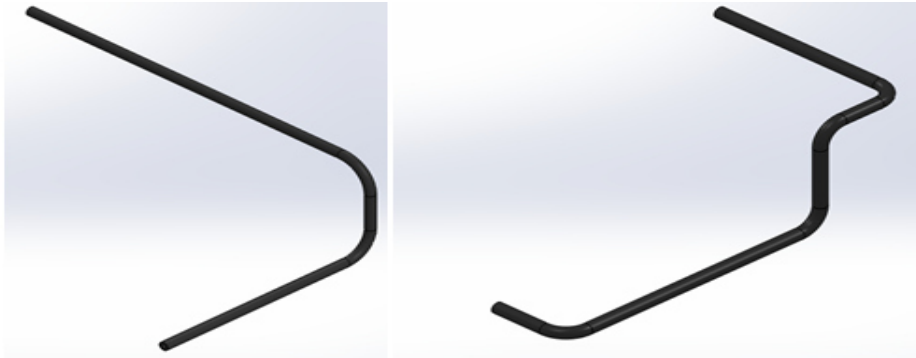
Figura 11 soporte de botella hidráulica



Fuente: Autores

Mangueras de fluido: se utilizarán mangueras de alta presión para sistemas hidráulicos que son de fácil acceso en el mercado por lo que el costo de estas es menor en cuanto a fabricación y remplazo en caso de daños, también cuentan con un gran número de proveedores de gran experiencia en el mercado.

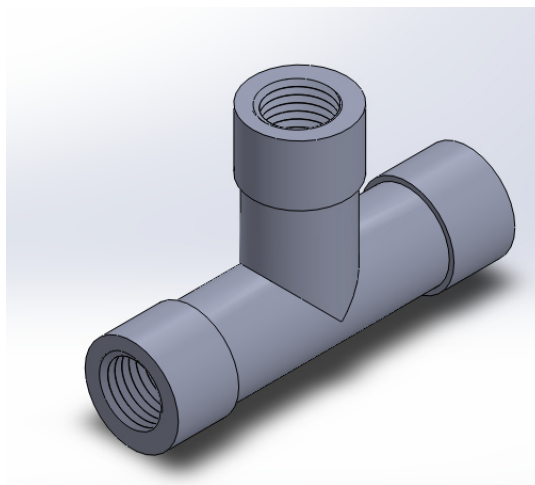
Figura 12: Mangueras de fluido hidráulico



Fuente: Autores

Conexiones en Te: se utilizarán conexiones en te de acero con rosca hembra para los cambios de dirección del fluido, al igual que las mangueras son de fácil acceso en el mercado local y de alta confiabilidad por ser fabricadas en acero inoxidable.

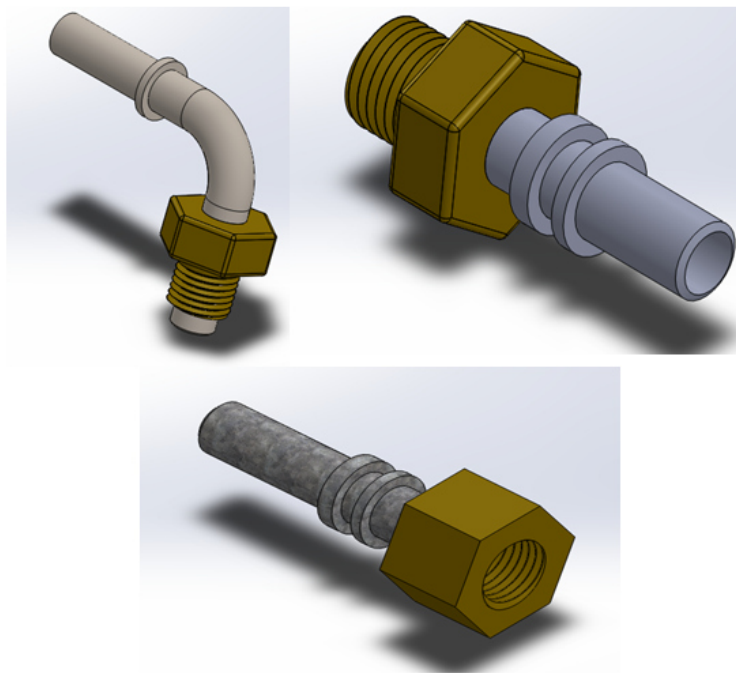
Figura 13: Conexión en Te



Fuente: Autores

Racores (Fittings): los racores de conexión que son ensamblados en la manguera se encuentran en diferentes configuraciones en el diseño del sistema, roscas hembras, macho y en codo de 90 grados. Para ser utilizados donde se requiera permiten que las roscas sean de movimiento libre, logrando mayor comodidad al momento del ensamblaje del operario.

Figura 14: Racores –Fittings

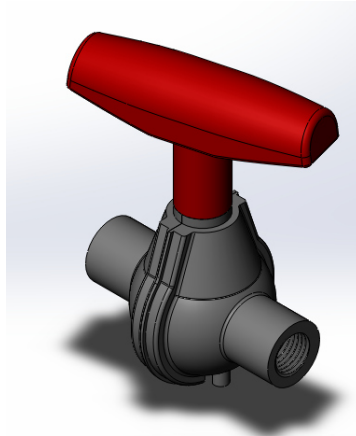


Fuente: Autores

Válvula de bola: son válvulas de cierre que restringe el paso del fluido a las secciones donde no se desea al momento de realizar la prueba. Se selecciona este tipo de válvulas por su geometría interna permite el control de fluidos a alta presión. Es conectada por medio de una rosca hembra al sistema.

Figura 15: Válvula de bola





Fuente: Autores

Medidor de flujo y presión: se utilizara para realizar los estudios del caudal y presión de la bomba dentro del sistema y determinar si funciona correctamente. El medidor de flujo es el único producto que tiene que ser importado y es construido por Hedland que también ofrece un kit para realizar las pruebas de presión.

Figura 16: Medidor de flujo



Fuente: HEDLAND (15 de Febrero 2014). FLOW METERS. Disponible en internet: < [http://www.amazon.com/Hedland-H701A-030-Flowmeter-Aluminum-Petroleum/dp/B005Q1K346/ref=sr\\_1\\_4?ie=UTF8&qid=1392907335&sr=8-4&keywords=flow+meter+hedland#productDescription](http://www.amazon.com/Hedland-H701A-030-Flowmeter-Aluminum-Petroleum/dp/B005Q1K346/ref=sr_1_4?ie=UTF8&qid=1392907335&sr=8-4&keywords=flow+meter+hedland#productDescription) >.

Figura 17: Medidor de flujo y presión



Fuente: HEDLAND (15 de Febrero 2014). FLOW METERS. Disponible en internet: < [http://www.amazon.com/Oil-Test-Kit-1-15-4-56/dp/B0090PSXKK/ref=sr\\_1\\_2?ie=UTF8&qid=1392907678&sr=8-2&keywords=Hedland+Test+Kit](http://www.amazon.com/Oil-Test-Kit-1-15-4-56/dp/B0090PSXKK/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1392907678&sr=8-2&keywords=Hedland+Test+Kit) >.

Filtro de aceite: con la finalidad de extender la vida útil del aceite y evitar el ingreso de partículas indeseadas en la bomba hidráulica se ubica un filtro de aceite en la salida de fluido del depósito.

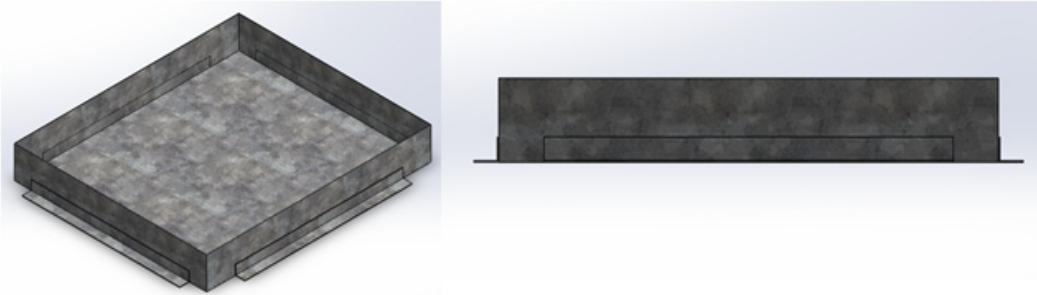
Figura 18: Filtro de aceite



Fuente: INDUSTRIAS PERFECT (15 de Febrero 2014). FLOW METERS. Disponible en internet: < <http://www.filtrosindustriales.cl/filtros-conicos-2/> >.

Reservorio: depósito de aceite residual correspondiente a las pruebas y reparaciones que se realicen en el banco de pruebas. Diseñado para ser fabricado en lámina de acero.

Figura 19: Reservorio

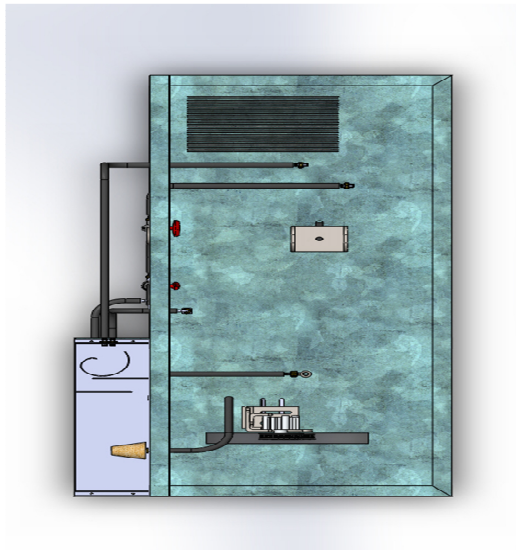


Fuente: Autores

#### 7.4 Ensamblaje de banco de pruebas

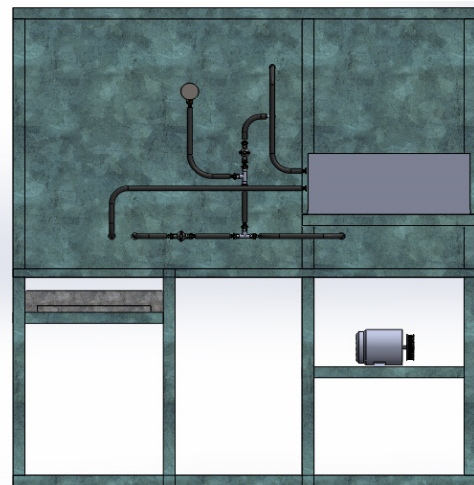
En esta sección se presentan las imágenes correspondientes al ensamblaje en solidworks de la estructura del banco de pruebas y sus componentes.

Figura 20: Vista superior del banco y sus componentes



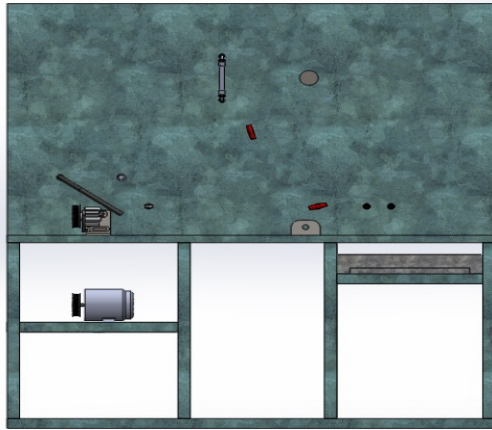
Fuente: Autores

Figura 21: Vista posterior del banco y sus componentes



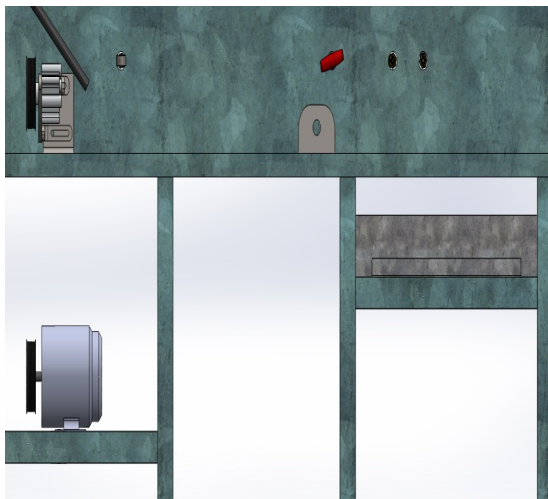
Fuente: Autores

Figura 22: Vista frontal del banco y sus componentes



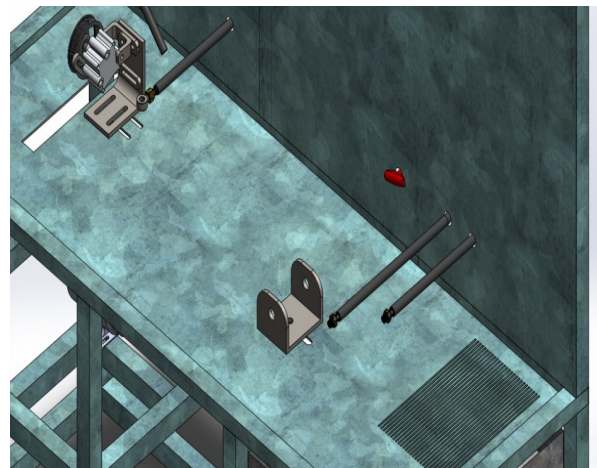
Fuente: Autores

Figura 23: Vista frontal detallada de los componentes del banco



Fuente: Autores

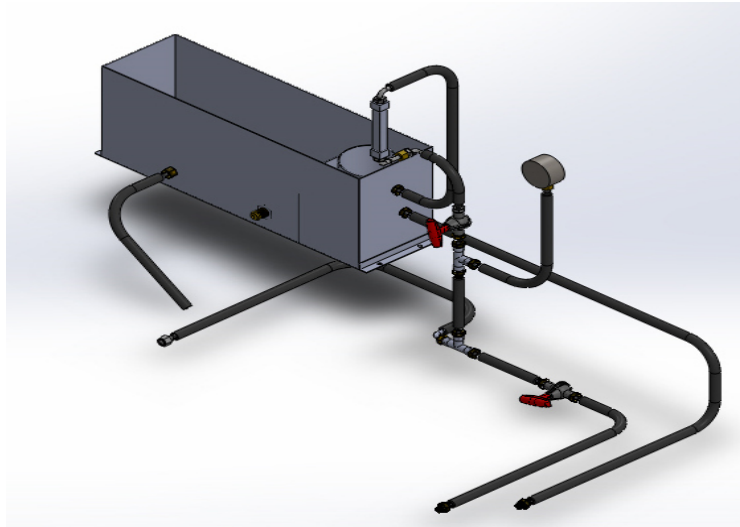
Figura 24: Vista isométrica detallada de los componentes del banco



Fuente: Autores

La vista isométrica del banco de pruebas se encuentra en la página 38 Figura 7: Vista isométrica del banco y sus componentes.

Figura 25: Vista isométrica de las mangueras y los accesorios



Fuente: Autores

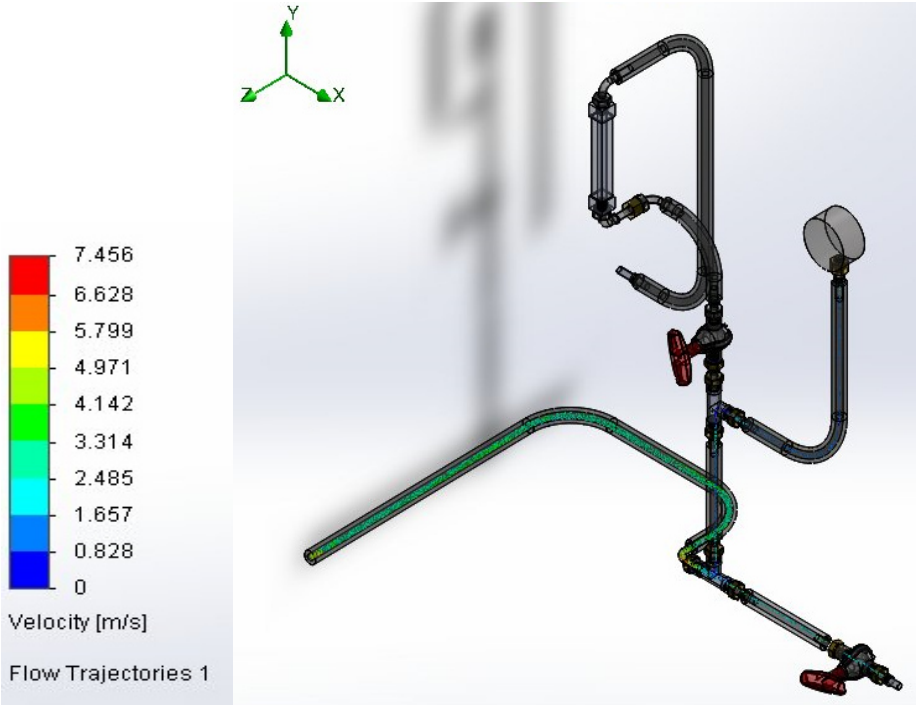
## 7.5 Análisis y resultados

Es importante verificar que los elementos seleccionados para el diseño del banco de pruebas son los adecuados para las tareas a realizar. Para determinar el comportamiento de los componentes se utilizó la asistencia del software CFD (Computational Fluid Dynamics) que provee solidworks denominado flow simulation. También se utiliza la herramienta de simulación de cargas mecánicas en elementos con el objetivo de verificar si las características geométricas otorgadas permitían su funcionalidad con factores de falla muy bajos utilizando la Teoría de la máxima energía de distorsión o Criterio de Von Mises.

Inicialmente se simuló la entrada del fluido para la bomba de dirección hidráulica con una salida de 13 Lt/min, en el sistema a través de la manguera de alimentación, en donde se observa por medio de la identificación de colores la

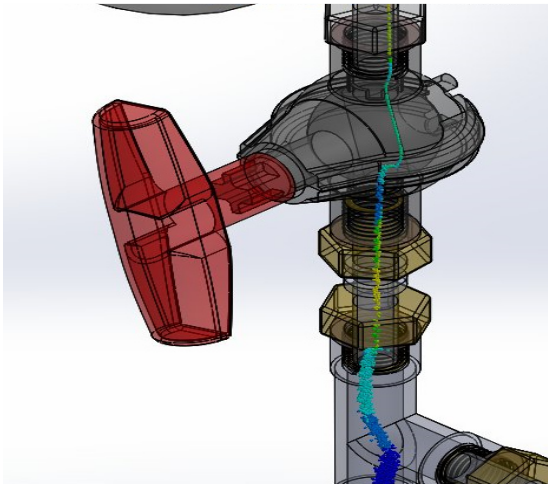
velocidad promedio en el sistema. Luego el fluido sube por la manguera ubicada verticalmente como se observa en la imagen Y

Figura 26: Velocidad del fluido de entrada



Fuente: Autores

Figura 27: Paso del fluido por la válvula



Fuente: Autores

Del estudio realizado se obtuvieron los siguientes datos por medio del software CFD donde se muestran las características del fluido a través de las tuberías, como lo son la velocidad, presión estática entre otras.

Tabla 3 Medidas del sistema

Parámetros	Unidad	Valor	Valor promedio	Valor mínimo	Valor máximo
Min presión estática	[Pa]	9997373,302	9997372,771	9997371,897	9997373,570
Max presión estática	[Pa]	10289009,790	10289047,220	10288896,320	10289195,690
Min Temperatura	[K]	293,195	293,195	293,195	293,195
Max Temperatura	[K]	293,401	293,406	293,401	293,411
Min Densidad	[kg/m <sup>3</sup> ]	865	865	865	865
Max Densidad	[kg/m <sup>3</sup> ]	865	865	865	865
Min Velocidad	[m/s]	0	0	0	0
Av Velocidad	[m/s]	1,519	1,520	1,519	1,520
Max Velocidad	[m/s]	7,569	7,565	7,545	7,574
Min viscosidad turbulenta	[Pa*s]	5,432E-08	5,4347E-08	5,420E-08	5,454E-08
Max viscosidad turbulenta	[Pa*s]	0,290	0,290	0,289	0,292

Fuente: Los autores

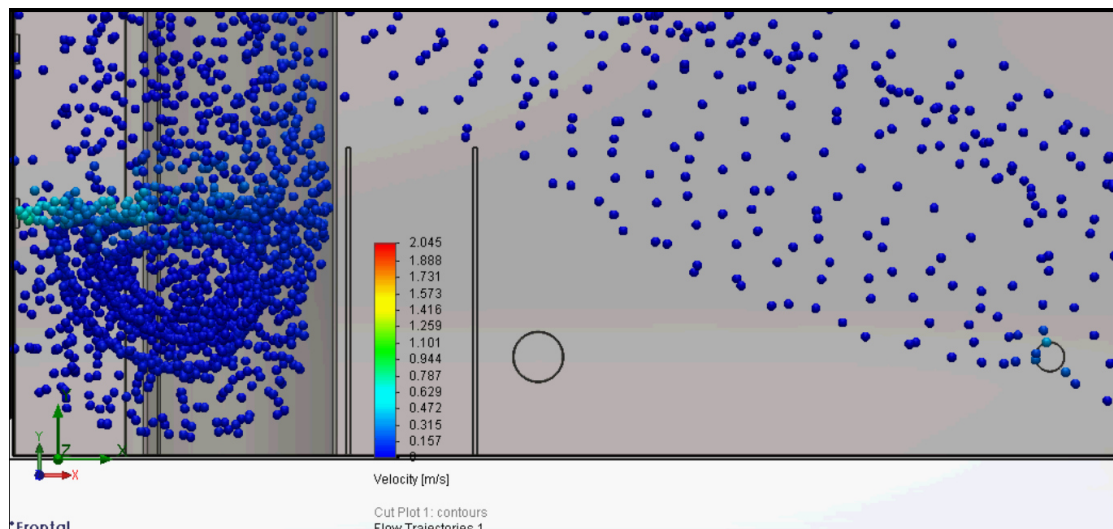


De la tabla anterior se observa los valores máximos y mínimos de la velocidad dentro del sistema donde la velocidad mínima es cero cerca de la frontera entre el fluido y la manguera de presión lo que demuestra un perfil de velocidad constante, y por consiguiente un flujo laminar. El valor máximo mostrado de velocidad corresponde a velocidades puntuales en ciertas áreas del estudio, la velocidad preponderante mostrada por la simulación esta entre los rangos de 4.1 m/s y 4.9 m/s.

Los valores de presión del sistema son los del ambiente dado que ninguna de las válvulas está cerrada y no hay ninguna restricción de presión simulada.

Con respecto al estudio del depósito de aceite se demuestra la utilidad de los baffles para disminuir la velocidad de entrada del fluido y evitar el exceso de salpicaduras en el depósito como se muestra en las siguientes imágenes.

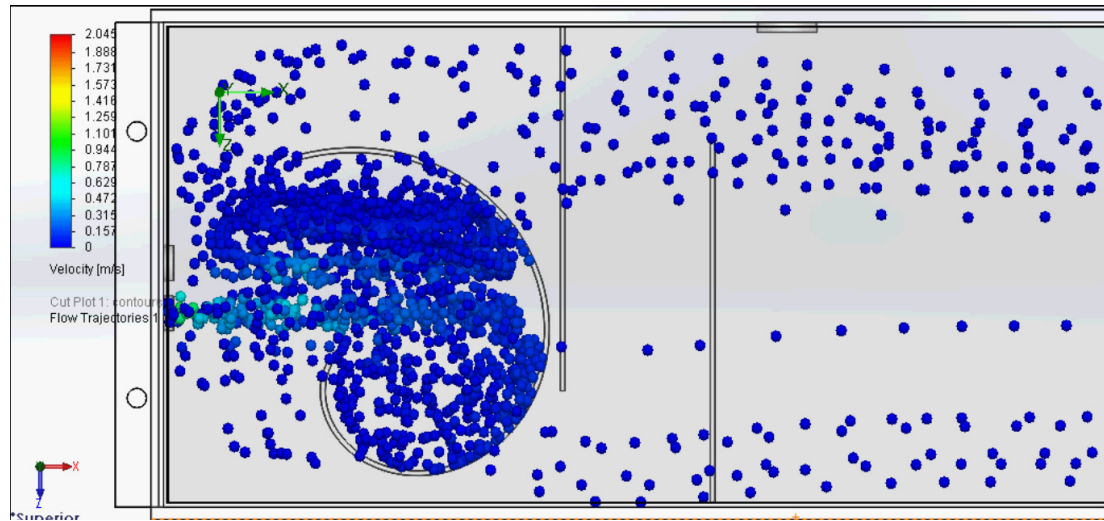
Figura 28: Velocidad y comportamiento del fluido de entrada



Fuente: Autores

Figura 29: Velocidad y comportamiento del fluido de entrada vista superior





Fuente: Autores

Tabla 4 Medidas del sistema

Parámetros	Unidad	Valor	Valor promedio	Valor mínimo	Valor máximo
Min presión estática	[Pa]	101325	101325	101325	101325
Max presión estática	[Pa]	101325	101325	101325	101325
Min Velocidad	[m/s]	0,136	0,138	0,135	0,140
Max Velocidad	[m/s]	1,121	1,119	1,115	1,123
Min viscosidad turbulenta	[Pa*s]	3,066E-07	3,128E-07	2,964E-07	3,407E-07
Max viscosidad turbulenta	[Pa*s]	2,007E-06	2,012E-06	1,799E-06	2,353E-06

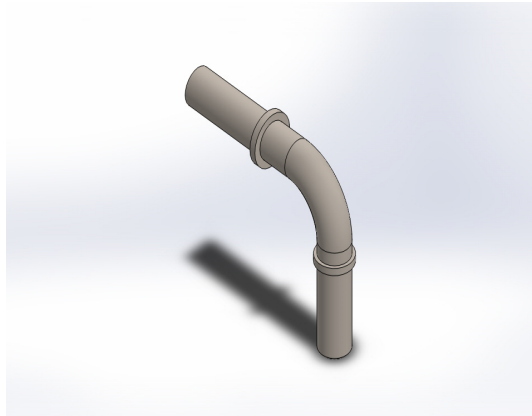
Fuente: Los autores

Como se muestra en la tabla 4 los valores de velocidad son bajos por lo que la cantidad de turbulencia dentro del sistema es baja o nula, lo que evita que se generen burbujas dentro del fluido que de ingresar en la bomba hidráulica generaría lecturas erróneas en cuanto presión y caudal.

También se realizaron estudios de diversas partes del banco de pruebas, como lo son la resistencia mecánica y el comportamiento de ciertos componentes ante cargas externas.

- Codo a 90°: se realizó un estudio del codo de aluminio para determinar su respuesta bajo las presiones del sistema.

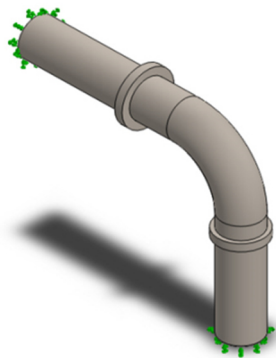
Figura 30: Vista isométrica del codo



Fuente: Autores

Se seleccionan los puntos fijos del codo para realizar la simulación de la presión del fluido recorriendo el interior del codo

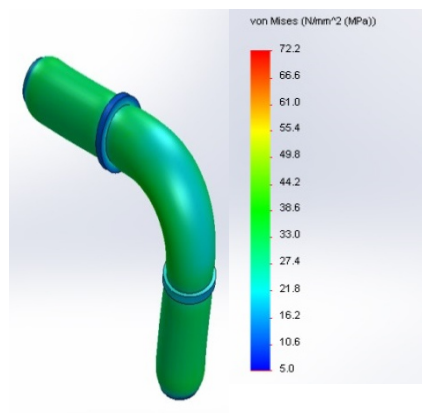
Figura 31: Sujeciones del codo



Fuente: Autores

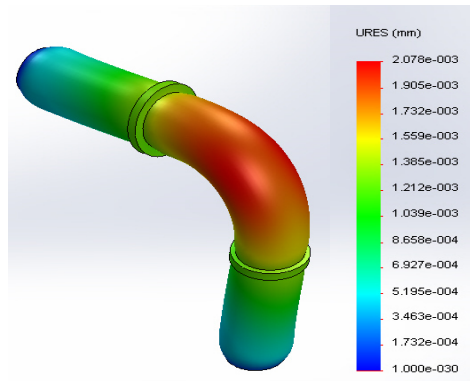
Luego de realizado este paso se sigue a ubicar la presión interna del fluido que es de 1450 psi. El sistema determina un tamaño de mallado para realizar los estudios y entrega los resultados a los esfuerzos máximos, entre ellos los valores de la tensión de von mises, deformación unitaria y desplazamientos estáticos.

Figura 32: Tensión von mises



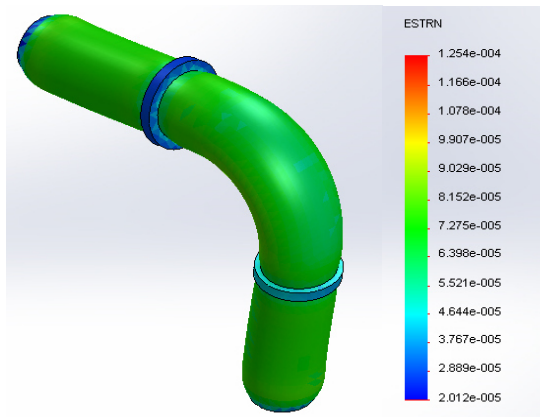
Fuente: Autores

Figura 33: Desplazamiento estático



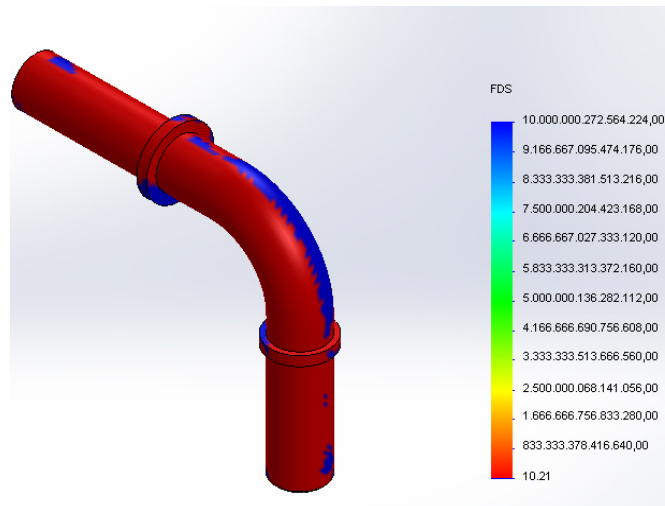
Fuente: Autores

Figura 34: Desplazamiento unitario



Fuente: Autores

Figura 35: Factor de seguridad



Fuente: Autores

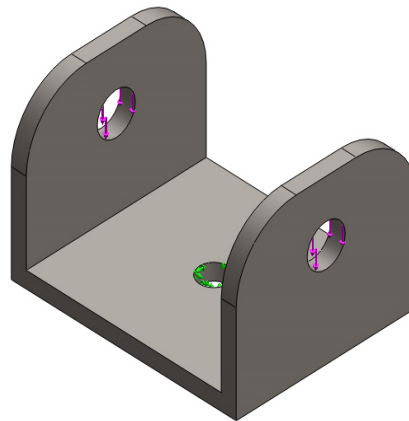
De las anteriores imágenes se puede determinar que el elemento de aluminio soportara la carga a la que será sometida dado que el resultado de esfuerzo máximo de tensión es de 72.2 MPa que es menor a su límite elástico de 360 Mpa. Lo que otorga un buen factor de seguridad mostrado en la figura anterior.

- Soporte de la botella de dirección

Para el estudio del soporte de la botella se ubica una carga de 50 Newton que simula la el peso de la botella, de esta manera se realiza el estudio de deformación.

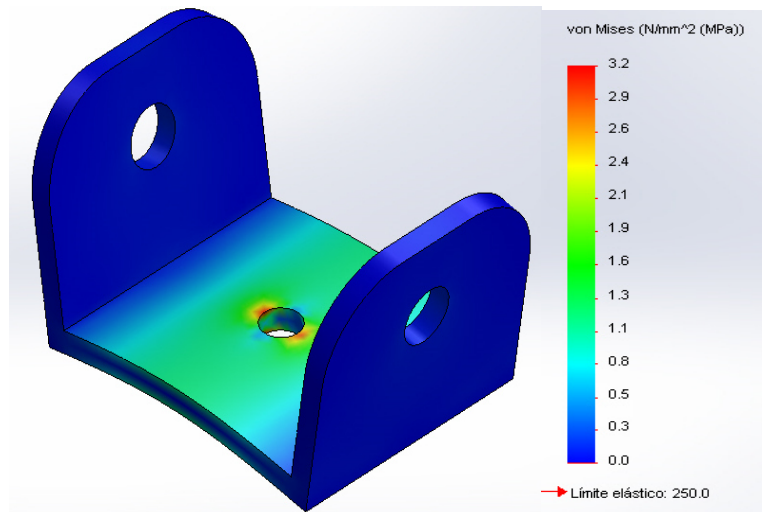
En la siguiente imagen se puede observar el soporte de la base con su sujeción en verde y la carga aplicada en color fucsia

Figura 36: Soporte de la botella con restricciones y carga



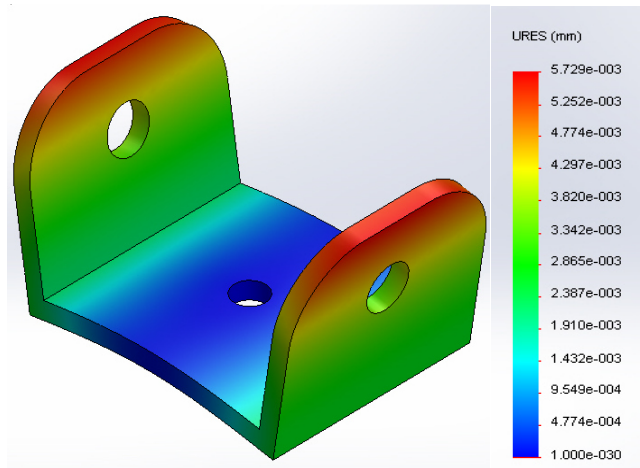
Fuente: Autores

Figura 37: Tensión von mises



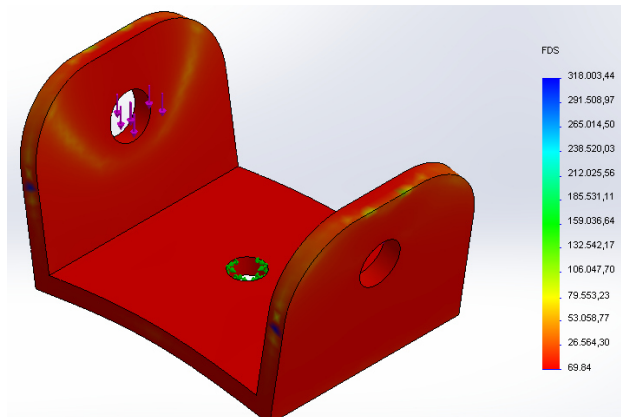
Fuente: Autor

Figura 38: Desplazamiento estático



Fuente: Autores

Figura 39; Factor de seguridad



Fuente: Autores

De acuerdo a lo obtenido se puede establecer que el espesor del soporte es suficiente para soportar todo el peso de la botella de dirección dado que el esfuerzo máximo es de solo 3.2 Mpa, lo que no representa ningún inconveniente en relación a la resistencia del acero estructural.

- Base para motor: como el motor viene soldado a su base fue necesario diseñar una estructura similar a la del motor para determinar su comportamiento bajo cargas. A continuación se realizan los cálculos pertinentes a la tensión inicial o efectiva que se debe realizar a la correa que conectara el motor con la bomba hidráulica.

La tensión inicial en la correa es la necesaria para dejar conectada la bomba hidráulica con el motor eléctrico y que funcionen sin inconvenientes. Para esto se determina la potencia de flujo de la bomba cuando trabaja en el vehículo.

$$\mathbf{Potencia\ de\ flujo = P_{max} * Q_{salida}} \text{ Ecuación 1}$$

$$\mathbf{P_{max} = 1450\ psi = 9997397.65\ Pa}$$

$$Q_{salida} = 13\ Lt/min = 0.000216\ m^3/seg$$

$$\mathbf{Potencia\ de\ flujo = 9997397.65\ Pa * 0.000216\ m^3/seg = 2159.437\ W}$$

$$Potencia\ de\ flujo\ HP = \frac{2159.437}{746} = 2.89\ HP$$

$$\mathbf{P_{motor} = Potencia\ de\ flujo / \eta\ motor} \quad \text{Ecuación 2}$$

$\eta$  motor = eficiencia del motor se tomara igual a 0.8 como referencia a un motor reconstruido

$$P_{motor} = \frac{2.89}{0.8} = 3.61\ HP$$

Tabla 5 Valores del motor monofásico

Potencia C.P.	r.p.m.	Armazón	Modelo	Catálogo No. Horizontal con patas	Catálogo No. con brida C y patas		Catálogo No. ejecución JM AK=4.5"	Tensión nominal V	Corriente nominal A
					AK=4.5"	AK=8.5"			
3	3600	182T	1LF3 182-2YK	30002440	30000138	30000142	30023983	127/220	23.5/13.8
	1800	182T	1LF3 182-4YK	30002444	30000143	30000139	-	127/220	31.2/15.2
5	3600	184T	1LF3 184-2YK	30002441	30000140	30000144	30023985	220	21.0
	1800	184T	1LF3 184-4YK	30002446	30000145	30000141	-	220	25.3

Fuente: catálogo general SD03 2005 motores eléctricos

De la tabla anterior se selecciona el motor de 5 caballos

Rpm del motor eléctrico = 1800 rev/min

Potencia del motor eléctrico a utilizar = 5 hp \* 746 = 3730W

$$(T1 - T2) * r_{polea} = \tau_{motor} \quad \text{Ecuación 3}$$

$$\tau_{motor} = \frac{P_{motor}}{2\pi * rpm / 60} \quad \text{Ecuación 4}$$

$$\tau_{motor} = \frac{3730}{2\pi * 1800 / 60} = \frac{3730}{188.49} = 19.78 Nm$$

$$(T1 - T2) = Te ; \text{tension efectiva} \quad \text{Ecuación 5}$$

Diámetro de la polea 0.11 metros = d

$$Te = \frac{\tau_{motor} * 2}{d} \quad \text{Ecuación 6}$$



$$T_e = \frac{19.78 * 2}{0.11}$$

$$T_e = 359.63 \text{ N}$$

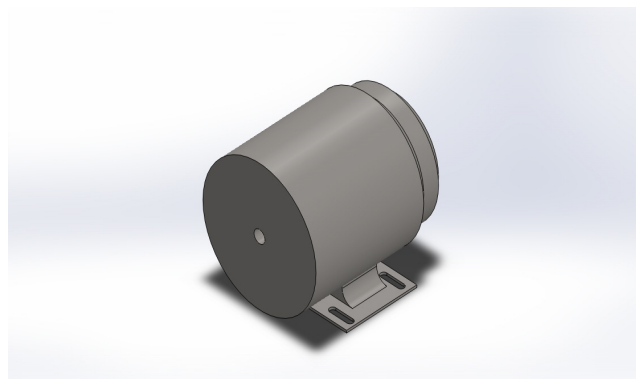
De lo resuelto en el proceso anterior se determina la tensión inicial de la correa en el sistema con estos valores se procederá a realizar un estudio de las cargas sobre el eje del motor, base del motor y base de la bomba hidráulica. Con la parte analítica ya concluida para esta parte se procede a realizar el estudio en solidworks.

Figura 40: motor monofásico



Fuente: catálogo general SD03 2005 motores eléctricos

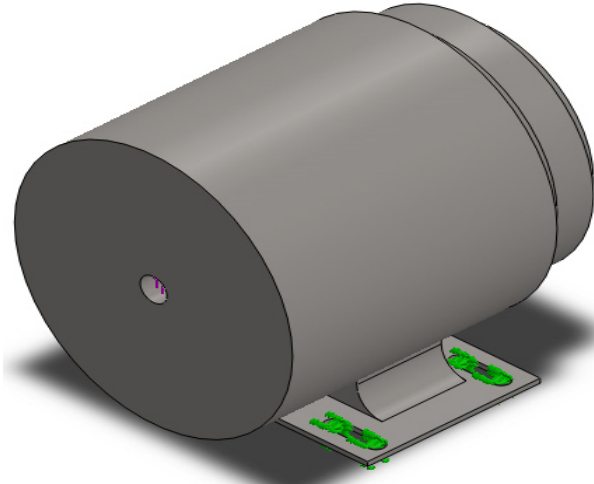
Figura 41: Vista isométrica del motor y la base modelados en solidworks



Fuente: Autores

Luego se sometió el modelo a la carga sobre su eje central apuntando hacia arriba en la misma dirección que lo haría la polea, de donde se obtuvo la siguiente imagen.

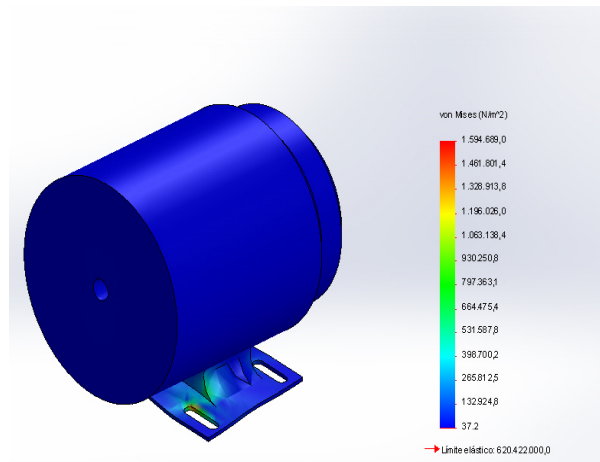
Figura 42: Base para bomba, sujeciones y cargas



Fuente: Autores

En la figura Anterior se puede observar las sujeciones sobre el motor de color verde y la tensión que ejerce la correa sobre el eje central del motor en color morado.

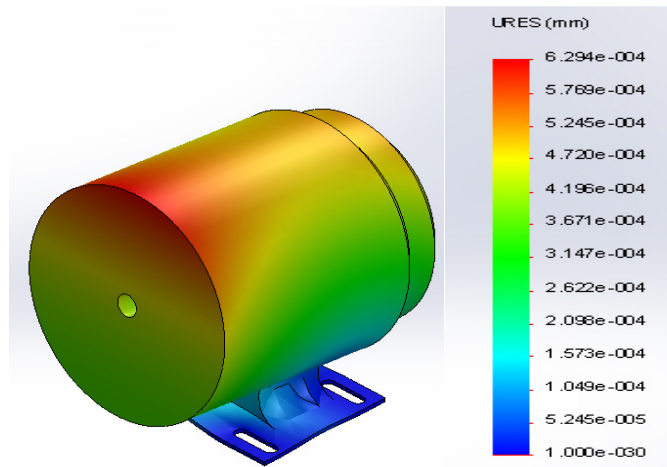
Figura 43: Tensión von mises



Fuente: Autores

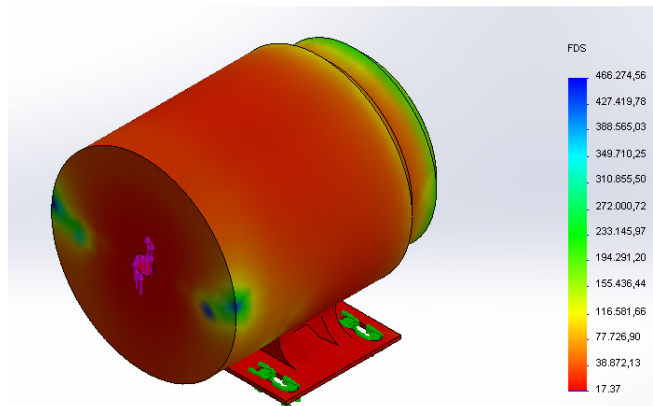
En donde se puede observar el punto máximo de esfuerzo de deformación que se encuentra en la parte interna del soporte cercano al motor como era de esperar.

Figura 44 Desplazamiento estático



Fuente: Autores

Figura 45: Factor de seguridad



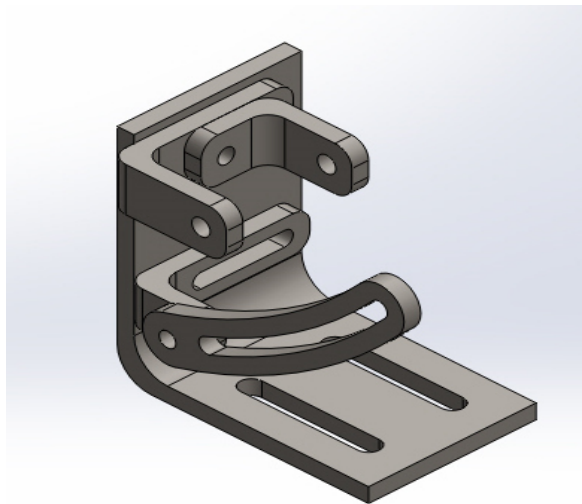
Fuente: Autores

De la gráfica de desplazamiento unitario se obtuvo que la parte superior del motor resulte con mayor desplazamiento. El alcance de la evaluación no considera las

condiciones mecánicas del motor solo los de la base y esta como se observa tiene un valor muy bajo en cuanto a la deformación.

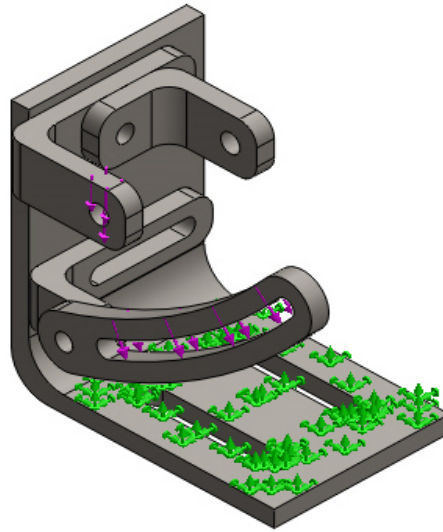
- Base para bomba: Para evaluar la reacción de la base de la bomba a cargas es necesario conocer cuánto es el valor de la fuerza que ejerce la correa sobre la bomba y sobre la base. Esta carga es la tensión efectiva ya calculada.

Figura 46: Base para bomba



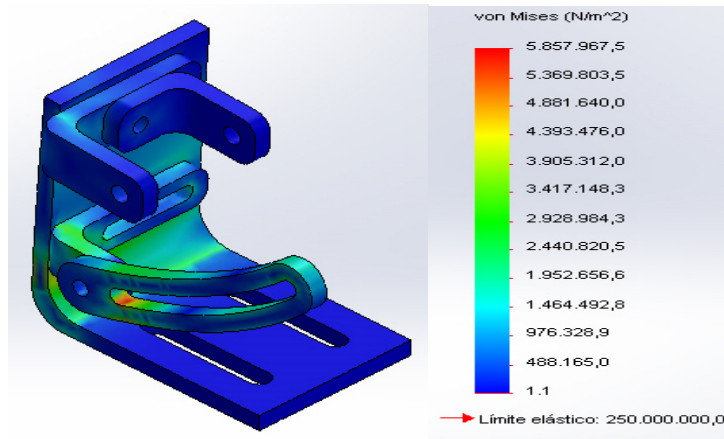
Fuente: Autores

Figura 47: Base para bomba, sujeciones y cargas



Fuente: Autores

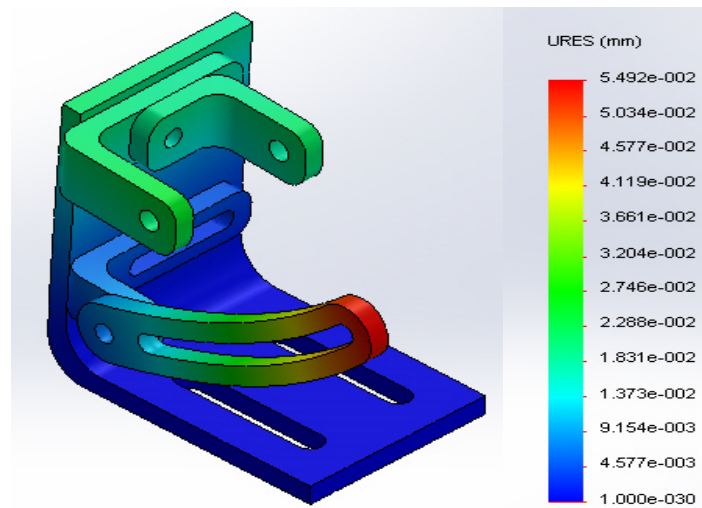
Figura 48: Tensión von mises



Fuente: Autores

De la figura anterior se puede observar los puntos críticos del diseño y la cantidad de fuerza máxima sobre el banco de pruebas, sin embargo la cantidad de fuerza que es mostrada no simboliza un riesgo para la base diseñada en acero estructural de 10 milímetros de espesor.

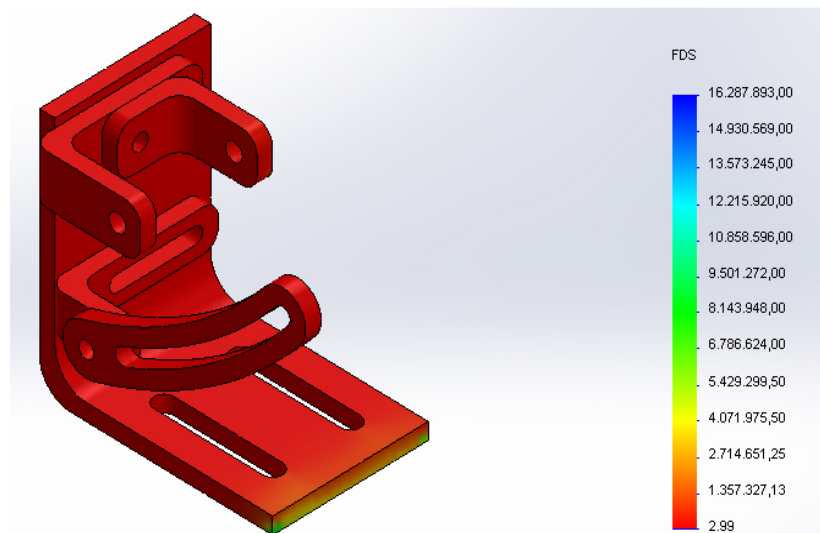
Figura 49: Desplazamiento estático



Fuente: Autores

Los valores de desplazamiento máximo en la estructura es bastante reducida esto se debe al diseño del banco y la poca fuerza que se aplica.

Figura 50: Factor de seguridad



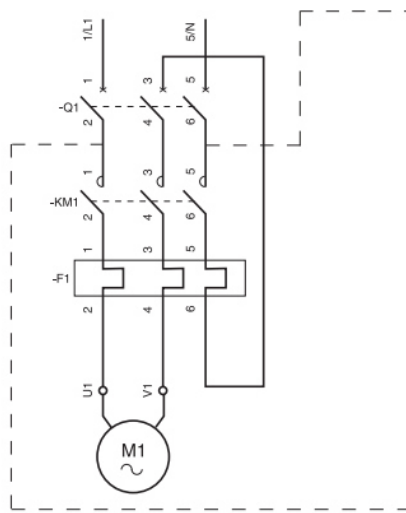
Fuente: Autores

Se determinó un factor de seguridad de 2.99 el cual se considera suficiente debido a que será solo sometido a carga axial.

## 8. DISEÑO ELÉCTRICO

Para el desarrollo del sistema eléctrico con el que se trabajará el motor monofásico que será el encargado de entregar la potencia por medio de la polea a la bomba hidráulica, se utilizara un esquema básico de trabajo presentado en la siguiente imagen.

Figura 51 Arranque de un motor monofásico



Fuente: En línea, disponible en [http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08\\_1907.pdf](http://www.schneider-electric.com.ar/documents/recursos/myce/capitulo08_1907.pdf)

Figura 52:Q1: Guardamotor magnético (tipo GV-L/LE).



Fuente: En línea, disponible en <http://www.electrofyg.cl/detalle.php?recordID=GV3L32>

Figura 53: KM1: Contactor tipo LC1-K, D, F.



Fuente: En línea, disponible en <http://elcodis.com/parts/2229251/LC1D25P7.html>

Figura 54: F1: Relé térmico. tipo LR.



Fuente: En línea, disponible en <http://www.smelectricos.com/ver.php?modelo=65>

Con estos elementos ya seleccionados y dispuestos solo es necesario cable de calibre 12 que permitirá una conexión sencilla y segura para los componentes eléctricos.



## 9. Evaluación analítica

Para el desarrollo de la evaluación analítica del sistema solo se tendrá en cuenta las condiciones hidráulicas del diseño como lo son, las pérdidas del sistema, el caudal de entrada, las velocidades del flujo, condiciones del flujo entre otros la evaluación de los materiales en este punto no es considerada, por lo que no se está evaluando ningún material nuevo ni de fabricación propia. Los proveedores de los elementos tienen sus evaluaciones internas y por consiguiente solo entregan las condiciones de trabajo óptimas para cada elemento.

Perdidas por flujo en las mangueras del banco de

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad \text{Ecuación 7}$$

$H_{rp}$ =suma de pérdidas primarias en las mangueras del banco de prueba

Caudal

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 8}$$

Numero de Reynolds

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad \text{Ecuación 9}$$

Flujo laminar ( $Re < 2000$ )

$$\lambda = \frac{64}{Re} \quad \text{Ecuación 10}$$

Cálculos de pérdidas por flujo en las mangueras del banco de prueba

$$Q = 13 \text{ l/min} = 0.000216666 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{Ecuación 11}$$

$$\text{Diametro} = 0.01 \text{ m} \quad ; \quad \text{Area} = \pi * r^2 \quad \text{Ecuación 12}$$

$$Q = V * A \quad \text{Ecuación 8}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0.000216666 \text{ m}^3/\text{s}}{[\pi * (0.005 \text{ m})^2]} = 2.27856 \text{ m/s}$$

$$\nu = \text{viscosidad cinematica} = 1 \text{ cst} = \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \quad \text{Ecuación 13}$$

$$\nu \text{ ATF TIPO III @35°C} = 41.6 \text{ cst} = 0.0000416 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu} = \frac{2.27856 * 0.01}{0.0000416} = 663.143556 < 2000 \rightarrow \text{Flujo Laminar} \quad \text{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} = \frac{64}{663.143556} = 0.09651002$$

Hrp=suma de perdidas primarias en las mangueras

Longitud de mangueras=4,61955 m

Diámetro manguera=0.01 m

$$\text{Hrp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} = 0.09651002 * \frac{4,61955 \text{ m}}{0.01 \text{ m}} * \frac{(2.27856 \text{ m/s})^2}{2 * 9.8 \text{ m/s}^2} = 17,3108259 \text{ m}$$

Ecuación 14

$$\text{Densidad del aceite ATF tipo III} = 860 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Gravedad} = 9,80665 \text{ m/s}^2$$

$$\text{Hrp} = 17,3108259 \text{ m} * 860 \text{ Kg/m}^3 * 9,80665 \text{ m/s}^2 * \frac{0,000145 \text{ Psi}}{1 \text{ Pa}}$$

$$\text{Hrp} = 21,16922304 \text{ Psi}$$

$$\text{Porcentaje de perdidas} = \left( 21,16922304 \frac{\text{Psi}}{1450} \text{ Psi} \right) * 100 \text{ Ecuación 15}$$

$$\text{Porcentaje de perdidas} = 1,459 \%$$

## 10. CONCLUSIONES

Durante el desarrollo del diseño se tomó en cuenta cada aspecto que la empresa presento para el banco de pruebas del sistema de dirección hidráulico, las condiciones de diseño y restricciones en cuanto al costo del mantenimiento. También se diseñó para que sea versátil por lo que se puede probar cualquier tipo de bomba que funcione con un sistema de poleas sin importar su tamaño.

En cuanto al análisis del comportamiento del fluido dentro del sistema se realizó de manera analítica y con el análisis proporcionado por el software CFD. Con el que se comprobó las condiciones del fluido dentro del sistema y ayudo con la selección de los componentes óptimos para evitar fallos en estos. Las variaciones de los valores obtenidos por ambos métodos no divergen unos de otros por grandes cantidades, en algunos casos se puede observar que existen valores altos de algunas cantidades en el análisis CFD que son atribuibles al cambio de sección y al mallado del sistema. Luego de su simulación y posterior análisis se encontró que el fluido se mueve dentro del sistema de manera laminar lo que permite que la prueba que se desee realizar en el banco esté dentro de los parámetros reales de trabajo.

La fase de construcción del banco de pruebas se encuentra actualmente en análisis por la empresa BOMBAS Y REPUESTOS DEL CARIBE, que concluyo que los requerimientos dados fueron satisfactoriamente cumplidos y consideran que la construcción podría comenzar a mediados del 2014. Aunque no se entregó una fecha específica se considera un gran logro que una empresa con tanto tiempo en el mercado confié su presupuesto al diseño aquí presentado.

## 11.RECOMENDACIONES

El peso total del banco de prueba sin sus componentes adicionales es de 208.3 kilogramos por lo que se recomienda su fabricación dentro de la zona donde será utilizado, también puede ser construido y ensamblado en otra área pero se recomienda asistencia mecánica para evitar lesiones.

Para la fase de construcción del banco de pruebas para el sistema de dirección hidráulica se recomienda el uso de soldadura por arco eléctrico con electrodos E60XX o E70XX que permiten una buena soldadura con excelentes características mecánicas sin afectar las características del metal cercano por la exposición a altas temperaturas.

Para el caso de vehículos no listados durante el diseño del banco se recomienda conocer las características de trabajo de esos sistemas hidráulicos antes de ser probados en el banco de pruebas.

La instalación del motor eléctrico debe ser realizada por personal especializado dado que este tipo de motores necesitan un circuito eléctrico que contenga la protección necesaria para su trabajo.

Se recomienda cambiar el filtro del aceite hidráulico cada 4 meses o antes en caso de que existan grandes cantidades de partículas en el depósito. La ubicación de un imán en una de las caras de los bafles que se encuentran en el depósito ayuda a contrarrestar el desgaste del filtro al atraer las limaduras de hierro que contienen los sistemas hidráulicos por desgaste excesivo. Esto también mejora la vida útil del aceite y por consiguiente genera menores gastos de mantenimiento.

## 12. BIBLIOGRAFIA

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS. Acero al carbono estructural de acuerdo al estándar ASTM A 36/A 36M. ASME/ASTM A36. (Ref. 18 de noviembre 2013). Internet: (<http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a36>).

BOIRA MORELO, Lorena. Diseño y validación de banco de ensayos para sistema de control electrónico hidráulico. Madrid, España: Universidad Pontificia Comillas, junio 2010 (ref.14 de mayo 2013). Internet: (<http://www.iit.upcomillas.es/pfc/resumenes/4c72fc6873945.pdf>) 1-3 p.

Castro, Ricardo. Dirección asistida eléctrica, qué es y cómo funciona. Jueves 25 Octubre 2012 [ref. 19 de diciembre 2013]. Internet: (<http://www.guioteca.com/mecanica-automotriz/direccion-asistida-electrica-que-es-y-como-funciona/>).

Dirección electromecánica de asistencia variable. [ref. 19 de diciembre 2013]. Internet: (<http://www.aficionadosalamecanica.net/direccion-asistida-electr.htm>).

Echeverria, Esteban. Norma DIN 51524 - Sistemas Hidráulicos, Mobile lubricans. [Ref. 14 de mayo de 2013]. Internet: ([www.essomobilborur.com/files/consejos/Consejo%20195-%20Normas%20DIN%2051524%20Sistemas%20Hidraulicos.pdf](http://www.essomobilborur.com/files/consejos/Consejo%20195-%20Normas%20DIN%2051524%20Sistemas%20Hidraulicos.pdf)).

Hernández Castro, Pablo. Acero ASTM A36. 16 de abril 2012 [ref. 18 de noviembre 2013]. Internet: (<http://es.scribd.com/doc/89693272/Acero-ASTM-A36>).

PILAMUNGA AGUALONGO, Edwin Aníbal. Proyecto para la implementación de un banco de pruebas de la dirección hidráulica en el taller de la escuela de ingeniería automotriz de la facultad de mecánica de la epoch. Riobamba-Ecuador. 2009 (ref. 14 de mayo 2013). Internet: (<http://dspace.epoch.edu.ec/bitstream/123456789/455/4/65T00004.pdf>) 1-2 p.

Ruiz Ortiz, Víctor Hugo. SISTEMA DE DIRECCIÓN HIDRÁULICA Mundo Mecánica Automotriz. Trujillo-Perú. 2012 (ref. 18 de noviembre 2013). Internet: (<http://www.slideboom.com/presentations/593744/SISTEMA-DE-DIRECCI%C3%93N-HIDR%C3%81ULICA>).

### 13. ANEXOS

Anexo 1: Resultado análisis de FLOW SIMULATIO SOLIDWORKS en Excel

Tabla 6 Resultado del análisis del flujo de estrada en el depósito

#### **Deposito2.SLDPRT [Para una entrada de flujo de 13 L/min]**

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
SG Min Static Pressure 1	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	0,00101325
SG Max Static Pressure 1	[Pa]	101325	101325	101325	101325	100	Yes	0	124,464674
SG Min Total Pressure 1	[Pa]	101333,0688	101333,2728	101332,9712	101333,5956	100	Yes	0,226540626	0,234011685
SG Max Total Pressure 1	[Pa]	101868,7067	101867,5234	101863,225	101871,2909	100	Yes	8,065942929	65,64204475
SG Min Dynamic Pressure	[Pa]	8,068836592	8,272757582	7,97118301	8,595595914	100	Yes	0,226540625	0,234011685
SG Max Dynamic Pressure	[Pa]	543,7066708	542,5234377	538,2249946	546,2909375	100	Yes	0,368210504	3,704767033
SG Min Velocity 1	[m/s]	0,136587955	0,138288193	0,135758907	0,140975921	100	Yes	0,001919335	0,002041655
SG Max Velocity 1	[m/s]	1,12121597	1,119993097	1,115549575	1,12387741	100	Yes	0,000379565	0,003783542
SG Min Turbulent Viscosity	[Pa*s]	3,06613E-07	3,12846E-07	2,96495E-07	3,40768E-07	100	Yes	4,42735E-08	7,49798E-07
SG Max Turbulent Viscosity	[Pa*s]	2,00794E-06	2,01274E-06	1,79963E-06	2,35352E-06	100	Yes	4,56678E-07	1,08073E-06

Iterations: 58

Analysis interval: 21

Tabla 7 análisis de las tuberías del banco de prueba para sistema de dirección hidráulico

#### **Tuberias.SLDASM [Predeterminado (1)]**

Goal Name	Unit	Value	Averaged Value	Minimum Value	Maximum Value	Progress [%]	Use In Convergence	Delta	Criteria
GG Min Static Pressure 1	[Pa]	9997373,302	9997372,771	9997371,897	9997373,57	100	Yes	0,823332567	173,478474
GG Max Static Pressure 1	[Pa]	10289009,79	10289047,22	10288896,32	10289195,69	100	Yes	45,90947102	2116,098228
GG Min Temperature (Fluid)	[K]	293,1959034	293,1958414	293,1957787	293,1959103	100	Yes	0,000127451	0,1879782
GG Av Temperature (Fluid)	[K]	293,3391536	293,3391164	293,3390752	293,3391561	100	Yes	8,0933E-05	0,001769336
GG Max Temperature (Fluid)	[K]	293,4010688	293,4067779	293,4010688	293,4116131	100	Yes	0,004051386	0,004500012
GG Min Density 1	[kg/m^3]	865	865	865	865	100	Yes	0	0,00000865
GG Av Density 1	[kg/m^3]	865	865	865	865	100	Yes	0	8,65E-06
GG Max Density 1	[kg/m^3]	865	865	865	865	100	Yes	0	0,00000865
GG Min Velocity 1	[m/s]	0	0	0	0	100	Yes	0	0
GG Av Velocity 1	[m/s]	1,519915052	1,520302807	1,51978618	1,520849585	100	Yes	0,000165624	0,000884393
GG Max Velocity 1	[m/s]	7,569449859	7,565238246	7,545072942	7,574181956	100	Yes	0,001960679	0,021375788
GG Min Turbulent Viscosity	[Pa*s]	5,43284E-08	5,43497E-08	5,42098E-08	5,45489E-08	100	Yes	5,2162E-11	4,00345E-10
GG Max Turbulent Viscosity	[Pa*s]	0,290547681	0,290368235	0,289401588	0,292285189	100	Yes	0,000294834	0,010180106
GG Min Turbulent Time 1	[s]	0,000191715	0,000191675	0,000191631	0,000191719	100	Yes	1,34798E-09	2,6484E-06
GG Max Turbulent Time 1	[s]	1,257724797	1,261216482	1,256477508	1,266327378	100	Yes	0,00984987	0,577760657
GG Min Turbulent Length 1	[m]	1,06702E-05	1,07207E-05	1,0666E-05	1,07763E-05	100	Yes	1,62401E-09	1,20069E-07
GG Max Turbulent Length 1	[m]	0,007449057	0,007449057	0,007449057	0,007449057	100	Yes	0	7,44906E-11
GG Min Turbulent Intensity	[%]	0,785300352	0,785496097	0,781701181	0,787793604	100	Yes	0,00033473	0,015800271
GG Max Turbulent Intensity	[%]	1000	1000	1000	1000	100	Yes	0	0,00001
GG Min Turbulent Energy 1	[J/kg]	1,57767E-05	1,56898E-05	1,55631E-05	1,58081E-05	83,9	Yes	2,44963E-07	2,05745E-07
GG Max Turbulent Energy	[J/kg]	4,455176027	4,461277514	4,446249784	4,473929488	100	Yes	0,003627467	0,030848094
GG Min Turbulent Dissipati	[W/kg]	1,25439E-05	1,24405E-05	1,22899E-05	1,25813E-05	61,4	Yes	2,91304E-07	1,78888E-07
GG Max Turbulent Dissipati	[W/kg]	5448,523618	5406,62852	5337,816182	5461,543275	100	Yes	3,447666153	203,9972416

Iterations: 221

Analysis interval: 28

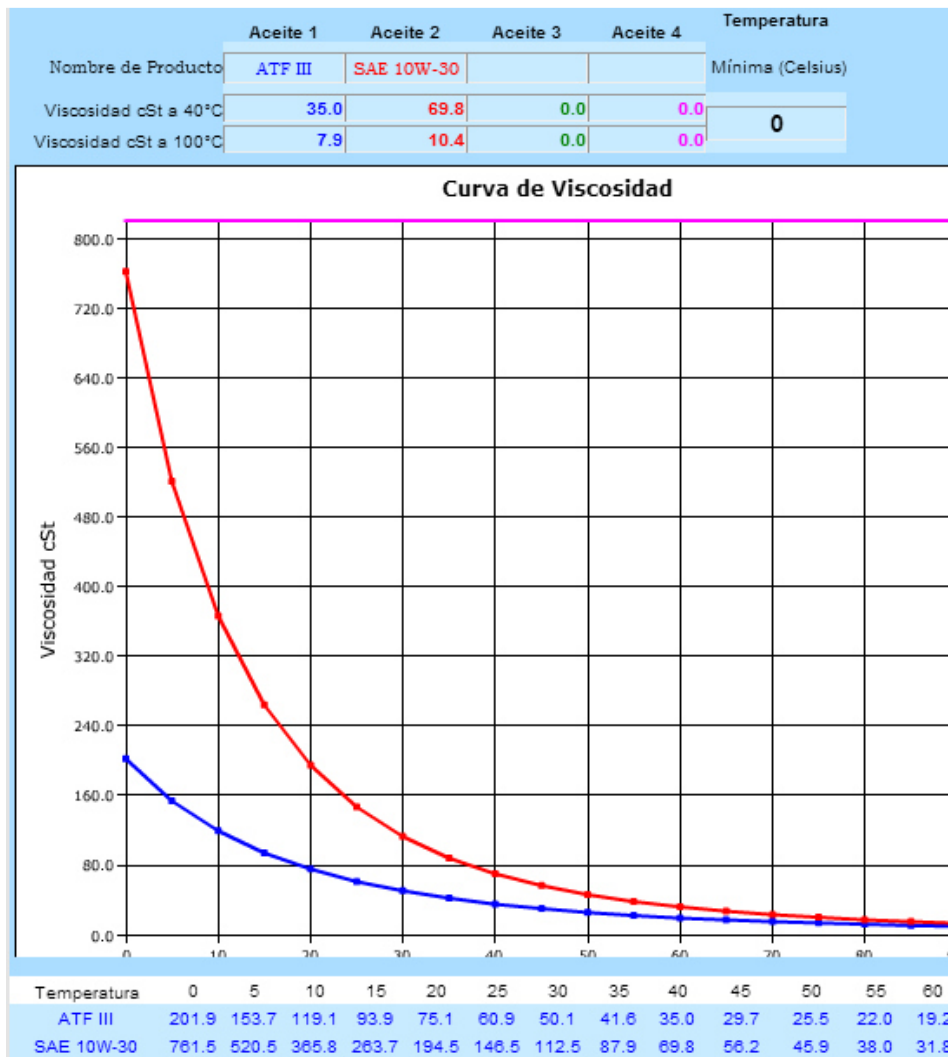
(Autores)



Anexo 2: Viscosidad del aceite ATF tipo III

Se analiza la variación de la viscosidad del aceite ATF tipo III contra la del aceite SAE 10W-30, que también es usado en algunos casos para sistemas de dirección cuando presenta desgaste en los componentes, por su mayor viscosidad.

Figura 55: grafico viscosidad ATF III vs SAE 10W-30



Fuente: <http://www.widman.biz/Seleccion/graficar.html>

### Anexo 3: Costos

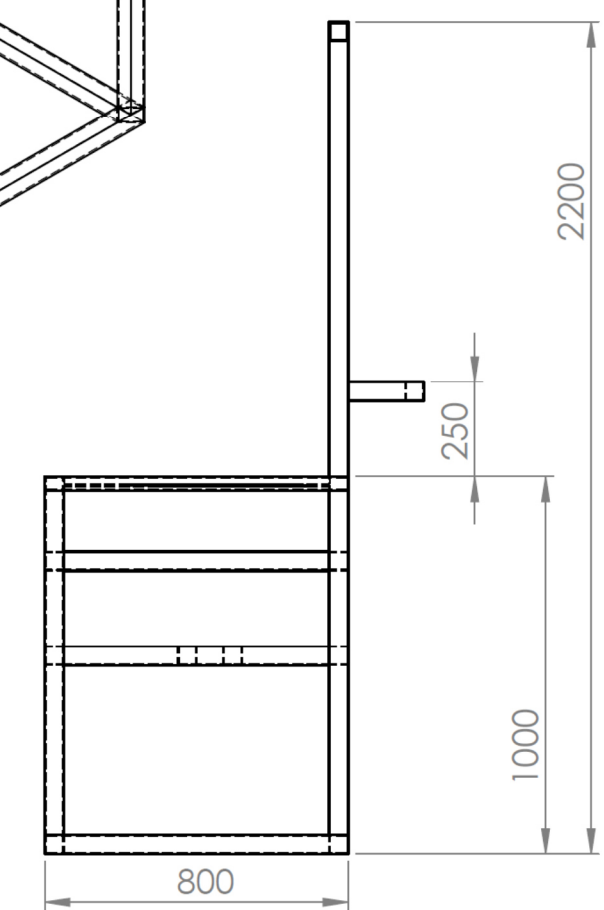
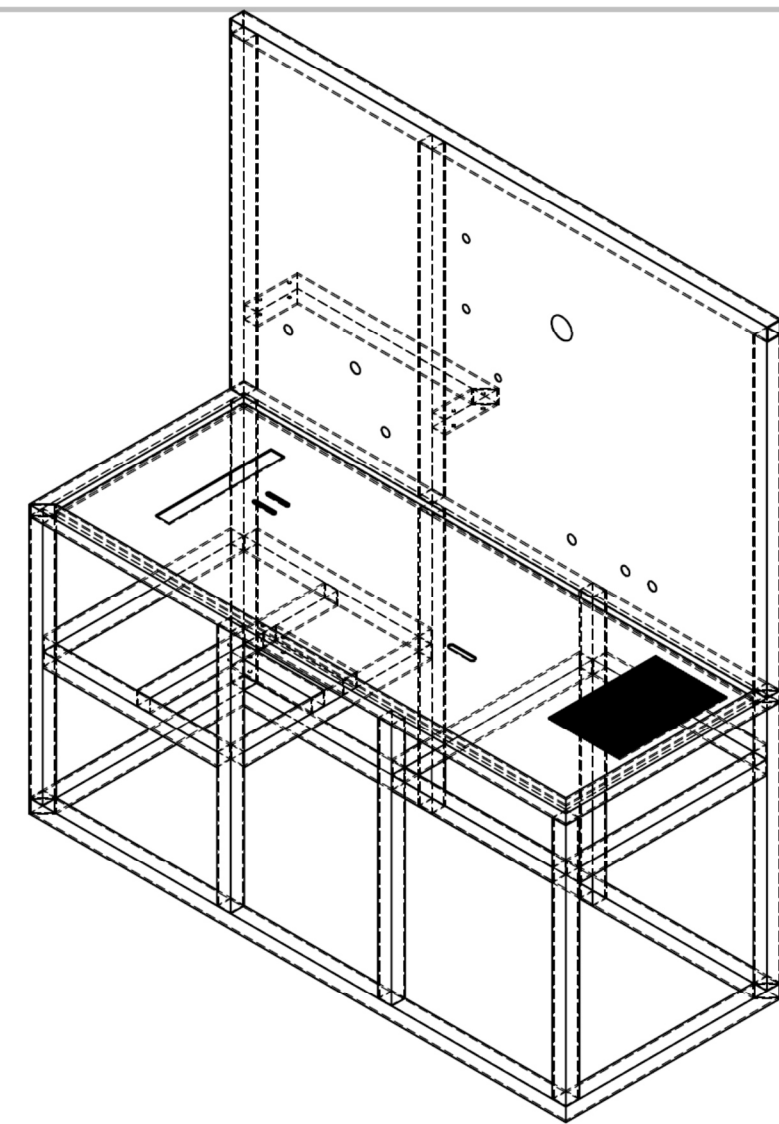
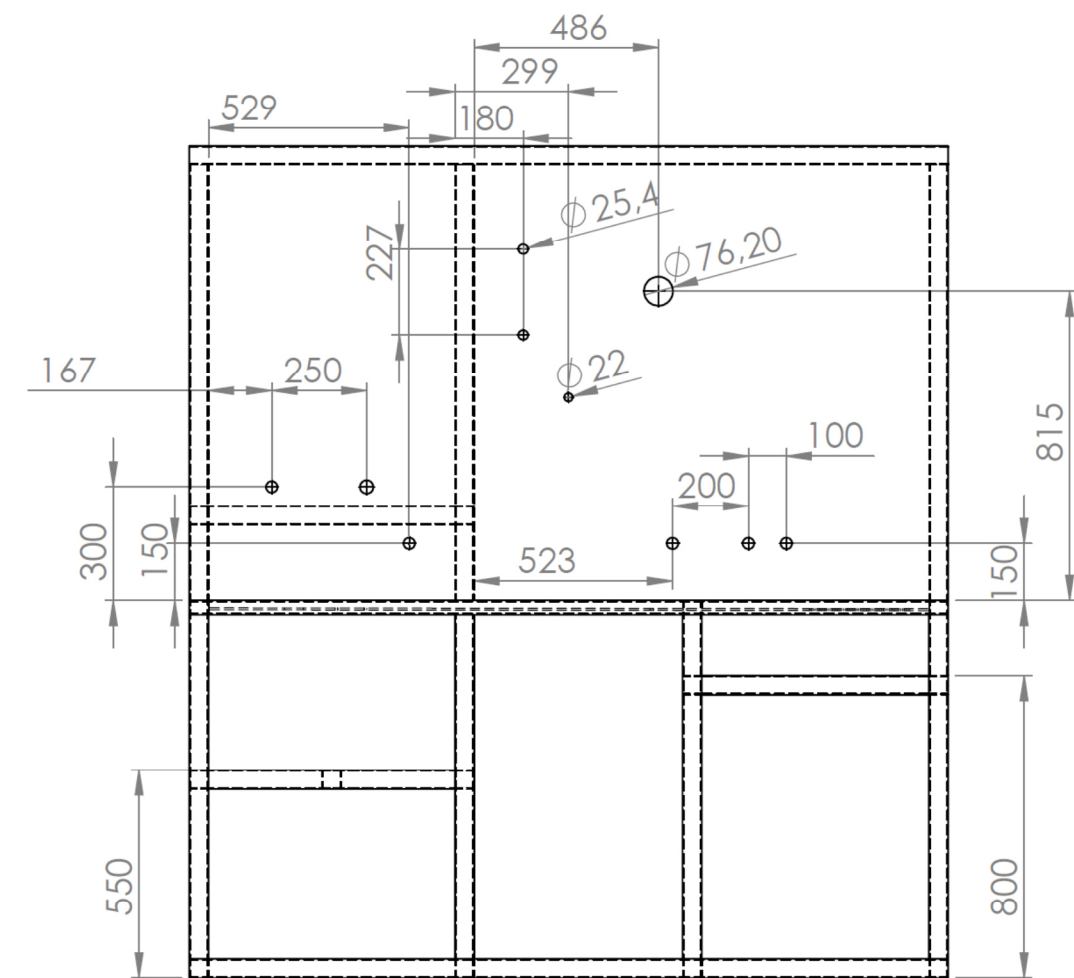
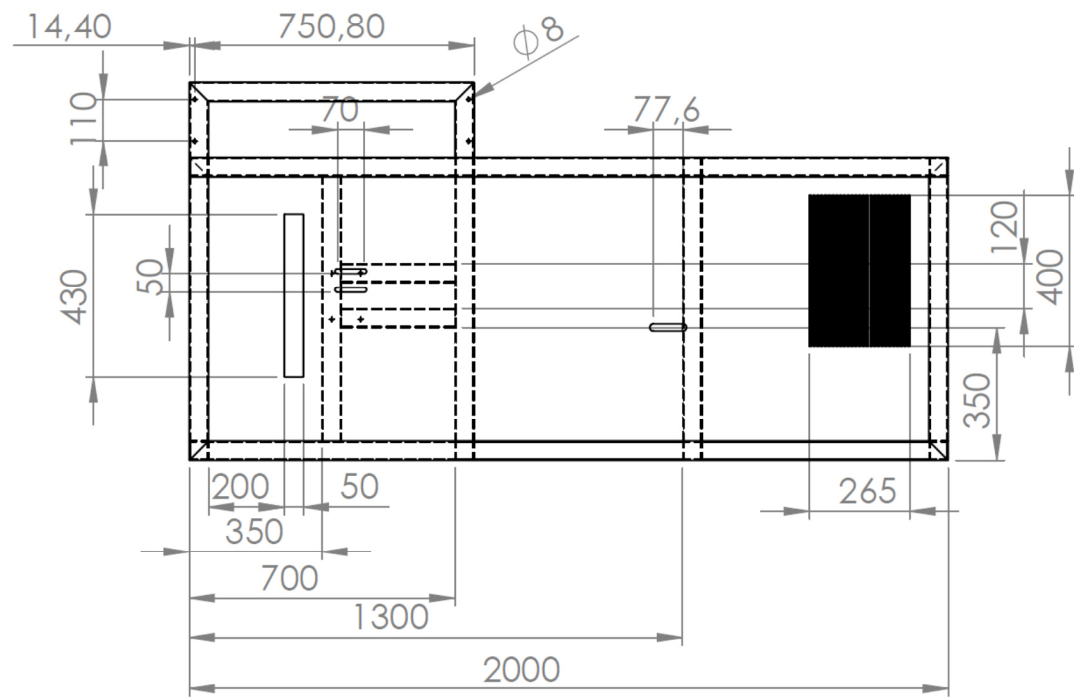
Para la siguiente fase del diseño del banco de pruebas se planea la construcción, para lo que se hace un balance del costo total del proceso de fabricación y ensamblaje.

Tabla 8 Costos de la fabricación

Elemento	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Tubo cuadrado 3mm de 2"x2"	6	\$ 62.300	\$ 373.800
Lamina de acero calibre 19 de 1,2" x 2,44"	1	\$ 370.000	\$ 370.000
Lamina de acero calibre 19 de 1" x 2"	1	\$ 360.000	\$ 360.000
Medidor de flujo	1	\$ 508.972	\$ 508.972
Medidor de presión	1	\$ 34.181	\$ 34.181
Mangueras de alta presión	4,6	\$ 70.000	\$ 322.000
Conexiones en te	2	\$ 27.900	\$ 55.800
Relé térmico. tipo LR	1	\$ 171.400	\$ 171.400
Contactador tipo LC1-K, D, F.	1	\$ 120.000	\$ 120.000
Guardamotor magnético (tipo GV-L/LE).	1	\$ 185.400	\$ 185.400
Cable calibre 12	4	\$ 1.500	\$ 6.000
Arandelas	16	\$ 200	\$ 3.200
Valvula de bola	2	\$ 14.000	\$ 28.000
Conexiones macho de 12,5mm	13	\$ 36.000	\$ 468.000
Conexiones hembra de 12,5mm	3	\$ 36.000	\$ 108.000
Conexiones macho 90º de 12,5mm	3	\$ 38.000	\$ 114.000
Total			\$ 3.228.753

Fuente: Autores

Anexo 4: Planos de diseño del banco de pruebas del sistema de dirección hidráulicas



N° pieza	N.º DE PIEZA	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	banco 2.0		1
2	tubo cuadrado	3 mm x 2" x 2"	6
3	lamina de acero	calibre 19 1mt x 2mt	1
4	lamina de acero	calibre 19 1.2mt x 2.44 mt	1

ACABADO:	REBARBAR Y ROMPER ARISTAS VIVAS	NO CAMBIE LA ESCALA	TÍTULO: banco de pruebas para sistemas de dirección hidraulico
DIBUJ.	NOMBRE	FIRMA	FECHA
VERIF.			
FABR.			
APROB. CALID.			
SI NO SE INDICA LO CONTRARIO: LAS COTAS SE EXPRESAN EN MM			N.º DE DIBUJO
PESO:			A3
ESCALA: 1: 20			HOJA 1 DE 1