

Universidad Internacional Del Ecuador
Facultad de Ingeniería Automotriz

**Diseño y adaptación de un sistema de suspensión con válvulas
hidráulicas en un vehículo Suzuki LJ50**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecánica
Automotriz

Autor:

Luis Alejandro Salazar Yamazca

Director:

Ing. Raymond Suárez Rivera

Quito, Enero 2015

CERTIFICACIÓN

Yo, Luis Alejandro Salazar Yamazca, declaro bajo juramento, que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, reglamento y leyes.

Luis Alejandro Salazar.

Yo, Raymond Suárez Rivera, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo él responsable exclusivo tanto de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.

Ing. Raymond Suárez Rivera

Agradecimiento

A Dios, por sus bendiciones durante mi etapa de estudiante ya que gracias a estas bendiciones estoy logrando un escalón más en esta larga y difícil subida, que es la vida, por medio del apoyo incondicional y desinteresado de mis Padres ya que en ellos he encontrado la fuerza y valentía suficiente y necesaria para culminar mi carrera, a todas las dignas autoridades, profesores y empleados quienes hacen parte de la Universidad Internacional del Ecuador especialmente a la Facultad de Mecánica y la inolvidable Escuela de Ingeniería Automotriz. Al Ing. Raymond Suárez Rivera en calidad de director de Tesis quien por medio de su amplia experiencia y buena voluntad ha permitido que el presente trabajo de graduación haya sido posible realizarlo siendo guía en su elaboración.

Dedicatoria

En primer lugar dedico este presente trabajo a Dios quien ha guiado mis estudios con su grandeza, a mis padres José y María, quienes supieron apoyarme día adía durante todo el transcurso de mi carrera, y en especial a mi Hijo Sebastián y esposa Leidy quienes me han llenado de bendiciones, Alegría y Fuerza para culminar mi carrera.

Diseño y adaptación de un sistema de suspensión con válvulas hidráulicas en vehículo Suzuki LJ50

El presente trabajo tiene el propósito de poner en funcionamiento un sistema de suspensión hidráulico adaptado al vehículo 4x4 Suzuki LJ50 con el propósito de obtener un mejor rendimiento en situaciones complejas de terreno. Para ello ha sido necesario realizar el diseño de un sistema hidráulico compuesto por una bomba que impulsa aceite a través de tuberías y válvulas, operado por palancas desde la cabina del conductor del vehículo en estudio, con la finalidad de controlar la altura de la suspensión.

Para ello (Capítulo I) ha sido necesario antes realizar una revisión bibliográfica que sirva de base para la comprensión del tema y un marco para el posterior desarrollo de la propuesta.

Escoger (Capítulo II) entre las alternativas disponibles; detallar un diseño de las partes mecánicas de la suspensión delantera y posterior, así como de las partes o elementos a emplearse en la adaptación hidráulica

Una vez determinadas las partes a remplazar o adaptar se procedió a describir (Capítulo III) la secuencia operacional del desmontaje de piezas originales; y el montaje de otras piezas a adaptarse tanto en la parte delantera y posterior así como al montarse el sistema hidráulico. Finalmente se procedió a realizar las pruebas necesarias que garanticen un buen funcionamiento y puesta a punto del sistema de suspensión propuesto.

Palabras clave: diseño, implementación, sistema de suspensión, válvulas, Suzuki LJ50, rendimiento.

Design and adaptation of a suspension system with hydraulic valve vehicle Suzuki LJ50

This paper aims to put a hydraulic suspension system adapted to Suzuki LJ50 4x4 vehicle in order to get better performance in complex ground running. This has been necessary to design a hydraulic system consisting of a pump pushing oil through pipes and valves, operated by levers in the cab of the vehicle under study, in order to control the height of the suspension.

This (Chapter I) it has been necessary to review literature before as a basis for understanding the topic and a framework for further development of the proposal.

Click (Chapter II) between the available alternatives; detail design of the mechanical parts of the front and rear suspension, as well as parts or elements used in hydraulic adjustment

Once certain parts to replace or adapt proceeded to describe (Chapter III) the operational sequence of the disassembly of original parts; and installation of other parts to suit both the front and back as to whether to mount the hydraulic system. Finally we proceeded to carry out the necessary tests to ensure proper operation and tuning system proposed suspension.

Keywords: design, implementation, suspension system, valves, Suzuki LJ50, performance.

Índice General

Introducción.....	1
CAPÍTULO1.SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO.....	11
1.1. Antecedentes del sistema de suspensión.....	11
1.2. Definición.....	12
1.3. Funciones del sistema de suspensión.....	14
1.4. Elementos de la suspensión.....	16
1.4.1. Elementos elásticos de la suspensión.....	17
1.4.2. Elementos de amortiguación de la suspensión.....	20
1.4.3. Barras estabilizadoras.....	24
1.5. Tipología del sistema de suspensión.....	25
1.5.1. Suspensión Dependiente.....	25
1.5.2. Suspensión Independiente.....	27
1.5.2.1. Suspensión Mc Pearson.....	27
1.6. Hidráulica.....	29
1.6.1. Ventajas y desventajas.....	32
1.6.2. Componentes de maquinaria.....	32
CAPÍTULO2.DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE SUSPENSION.....	37
2.1. Introducción.....	37
2.2. Análisis de alternativas.....	38
2.2.1. Alternativa 1: Suspensión independiente de paralelogramo deformable.....	39
2.2.2. Alternativa 2: Suspensión independiente McPherson.....	39
2.3. Diseño de partes mecánicas.....	40
2.3.1. Suspensión parte delantera.....	41
2.3.2. Suspensión parte posterior.....	66
2.4. Diseño de sistema hidráulico.....	79
2.5. Alternativa de Materiales.....	96
2.6. Tipo de suelda.....	97
CAPITULO 3: IMPLEMENTACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SISTEMA.....	978
3.1. Secuencia operacional de desmontaje.....	99
3.2. Partes a reemplazar.....	103
3.3. Secuencia operacional para el montaje de partes.....	111

3.3.1. Parte delantera	112
3.3.2. Parte posterior	119
3.3.3. Sistema hidráulico	122
3.4. Costos	126
3.4.1. Costos Suspensión parte delantera.....	126
3.4.2. Costos Suspensión parte posterior.....	129
3.4.3. Costos Bases del sistema hidráulico	131
3.4.4. Costos Cilindros hidráulicos – Ensamblaje 001C LH Y RH	132
3.5. Comprobación del sistema	135
CAPITULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	140
4.1. Conclusiones	140
4.2. Recomendaciones	141

Índice de Gráficos

Gráfico 1.1 Elementos del sistema de suspensión	13
Gráfico 1.2 Disposición del conjunto de la suspensión.	16
Gráfico 1.3 Ballestas	19
Gráfico 1.4 Muelles helicoidales.....	19
Gráfico 1.5 Barras de torsión.....	20
Gráfico 1.6 Ubicación de amortiguadores	22
Gráfico 1.7 Amortiguador telescópico y Amortiguador hidráulico de doble efecto	23
Gráfico 1.8 Barras estabilizadoras	24
Gráfico 1.9 Suspensión de eje rígido	25
Gráfico 1.10 Suspensión rígida para eje trasero propulsor	27
Gráfico 1.11 Suspensión Independiente	27
Gráfico 1.12 Suspensión Mc Pherson	28
Gráfico 1.13 Principio de Pascal	30
Gráfico 1.14 Ley de continuidad.....	31
Gráfico 1.15 Instalación de Bomba hidráulica	33
Gráfico 1.16 Válvula en posición abierta	34
Gráfico 1.17 Válvula en posición cerrada	34
Gráfico 1.18 Cilindros de simple efecto.....	36
Gráfico 1.19 Cilindros de doble efecto	36
Gráfico 2.1.Suspensión independiente de paralelogramo deformable	39
Gráfico 2.2Suspensión independiente McPherson delantera.....	40
Gráfico 2.3 Base cilindro hidráulico LH-ensamble 001D	44
Gráfico 2.4 Puntos de esfuerzo base cilindro hidráulico 1H – ensamble 001D	45
Gráfico 2.5 Base cilindro hidráulico RH – ENSAMBLE 002D	46
Gráfico 2.6 Puntos de esfuerzo base cilindro hidráulico RH – ensamble 002D	47
Gráfico 2.7 Soporte eje de transmisión RH – ENSAMBLE 003D	48
Gráfico 2.8 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión RH – Ensamble 003D.....	48
Gráfico 2.9 Planos soporte eje de transmisión LH – Ensamble 004D 1 LH	49

Gráfico 2.10 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión LH–ensamble 004D 1LH	50
Gráfico 2.11 Planos soporte eje de trasmisión LH – ENSAMBLE 004D 2 LH..	51
Gráfico 2.12 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión LH–ensamble 004D 2LH	52
Gráfico 2.13 Planos soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 005D.....	53
Gráfico 2.14 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente motor – Ensamble 005D.....	54
Gráfico 2.15 Planos soporte mesa delantera RH frente caja – ensamble 006D	55
Gráfico 2.16 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente caja – Ensamble 006D Fuente: Planos y cálculos en Inventor	56
Gráfico 2.17 Planos soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 007D.....	57
Gráfico 2.18 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente motor ensamble 007D Fuente: Planos y cálculos en Inventor.....	58
Gráfico 2.19 Planos soporte mesa delantera LH frente caja – ENSAMBLE 008D	59
Gráfico 2.20 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera LH frente caja – ensamble.....	60
Gráfico 2.21 Planos soporte LH – ENSAMBLE 009D	61
Gráfico 2.22 Puntos de esfuerzo soporte resorte LH – ensamble 009D	62
Gráfico 2.23 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 010D.....	63
Gráfico 2.24 Puntos de esfuerzo soporte resorte LH – ensamble 0010 D	64
Gráfico 2.25 Planos soporte transmisión inferior-ENSAMBLE 011D.....	65
Gráfico 2.26 Puntos de esfuerzo soporte transmisión inferior – ensamble 011D	66
Gráfico 2.27 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P.....	68
Gráfico 2.28 Soporte resorte E RH – ENSAMBLE 001P.....	69
Gráfico 2.29 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P.....	70
Gráfico 2.30 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P	71
Gráfico 2.31 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P.....	72
Gráfico 2.32 Planos soporte barra tensora fuera LH – ENSAMBLE 005P	73

Gráfico 2.33 Soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P	74
Gráfico 2.34 Planos soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P.....	74
Gráfico 2.35 Planos soporte barra tensora dentro LH – ENSAMBLE 007P	75
Gráfico 2.36 Planos soporte barra tensora dentro RH – ENSAMBLE 008P.....	76
Gráfico 2.37 Planos soporte central eje transmisión – ENSAMBLE 009P	78
Gráfico 2.38 Planos Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B	81
Gráfico 2.39 Planos soporte cajas de válvulas – ENSAMBLE 001C.....	82
Gráfico 2.40 Planos Reservorio aceite hidráulico – ENSAMBLE 001R.....	84
Gráfico 2.41 Planos Reservorio de retorno – ENSAMBLE 001RR.....	85
Gráfico 2.42 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V	86
Gráfico 2.43 Planos cilindros hidráulicos – ENSAMBLAJE 001C LH Y RH	87
Gráfico 2.44 Conexión con mangueras	88
Gráfico 2.45 Flujo sistema hidráulico	89
Gráfico 2.46 Flujo sistema hidráulico desactivado	90
Gráfico 2.47 Flujo sistema hidráulico activado, válvulas hidráulicas activadas ..	91
Gráfico 2.48 Flujo sistema hidráulico activado cilindro LH subiendo, cilindro RH bajando	92
Gráfico 2.49 Guía para la selección del diámetro interior de la manguera (caudal y velocidad).	94
Gráfico 2.50 Ejemplo de cálculo para la selección del diámetro interior de la manguera (caudal y velocidad).	95
Gráfico 2.51 Propiedades de Aceros.....	996
Gráfico 3.1. Antes del desmontaje de partes.....	99
Gráfico 3.2. Antes del desmontaje de partes.....	100
Gráfico 3.3 Antes del desmontaje de partes.....	100
Gráfico 3.4 Proceso antes de la desmantelar.....	101
Gráfico 3.5 Auto desmantelado	102
Gráfico 3.6 Partes desmanteladas	102
Gráfico 3.7 Partes a reemplazar.....	104
Gráfico 3.8 Corte de piezas.....	112
Gráfico 3.9 Bases mesas de suspensión Código 5d.1 y 6d.1	112
Gráfico 3.10 Bases mesas de suspensión Código 5D.2	113
Gráfico 3.11 Piezas soldadas.....	113
Gráfico 3.12 Bases mesas de suspensión	113

Gráfico 3.13 Acoplamiento cilindro hidráulico.....	114
Gráfico 3.14 Características de las bases del helicoidal que se sueldan	114
Gráfico 3.15 Base Helicoidal	114
Gráfico 3.16 Colocación del soporte resorte LH – ensamble 010D.....	115
Gráfico 3.17 Suspensión delantera armada	117
Gráfico 3.18 Bases Transmisión	117
Gráfico 3.19 Suspensión delantera terminada	119
Gráfico 3.20 Base Helicoidal posterior	119
Gráfico 3.21 Base del amortiguador posterior	120
Gráfico 3.22 Soporte amortiguador posterior	120
Gráfico 3.23 Soporte barra tensora	121
Gráfico 3.24 Instalación amortiguadores posteriores	121
Gráfico 3.25 Revisión suspensión terminada	122
Gráfico 3.26 Base bomba hidráulica	122
Gráfico 3.27 Instalación Polea motor a bomba hidráulica	123
Gráfico 3.28 Base inferior bomba hidráulica	123
Gráfico 3.29 Reservorio instalándolo e instalado	124
Gráfico 3.30 Válvulas de alivio con acoples unidos con teflón	124
Gráfico 3.31 Fotografías de bases instalándolas e instaladas	125

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Base cilindro hidráulico LH – ENSAMBLE 001D	43
Tabla 2.2 Base cilindro hidráulico LH – ENSAMBLE 001D	43
Tabla 2.3 Base cilindro hidráulico RH – ENSAMBLE 002D	45
Tabla 2.4 Soporte eje de transmisión RH – ENSAMBLE 003D.....	47
Tabla 2.5 Soporte eje de transmisión LH – ENSAMBLE 004D 1 LH.....	49
Tabla 2.6 Soporte eje de transmisión LH – ENSAMBLE 004D 2 LH.....	50
Tabla 2.7 Soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 005D.....	52
Tabla 2.8 Soporte mesa delantera RH frente caja – ENSAMBLE 006D	54
Tabla 2.9 Soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 007D.....	56
Tabla 2.10 Soporte mesa delantera LH frente caja – ENSAMBLE 008D	58
Tabla 2.11 Soporte resorte LH – ENSAMBLE 009D	60
Tabla 2.12 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 010D.....	62
Tabla 2.13 Soporte transmisión inferior – ENSAMBLE 011D.....	64
Tabla 2.14 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P	68
Tabla 2.15 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P	69
Tabla 2.16 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P	71
Tabla 2.17 Soporte barra tensora fuera LH – ENSAMBLE 005P	72
Tabla 2.18 Soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P.....	73
Tabla 2.19 Soporte barra tensora dentro LH – ENSAMBLE 007P	75
Tabla 2.20 Soporte barra tensora dentro RH – ENSAMBLE 008P.....	75
Tabla 2.21 Soporte central eje transmisión – ENSAMBLE 009P	77
Tabla 2.22 Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B.....	79
Tabla 2.23 Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B.....	80
Tabla 2.24 Soporte caja de válvulas – ENSAMBLE 001C	82
Tabla 2.25 Reservorio aceite hidráulico– ENSAMBLE 001R	83
Tabla 2.26 Reservorio de retorno – ENSAMBLE 001RR	85
Tabla 2.27 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V	86
Tabla 2.28 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V	87
Tabla 2.29 Mangueras utilizadas.....	93
Tabla 2.30 Materiales a seleccionar.....	937
Tabla 3.1 Partes de Vitara Clásico para sustituir.....	104
Tabla 3.2 partes tomadas de un Chevrolet vitara clásico.....	105

Tabla 3.3 Partes tomadas de otros vehículos	110
Tabla 3.4 Union de la transmisión a la base.....	11016
Tabla 3.5 Ensamblaje de brazo Pitman y cañerías a mordazas de freno	118
Tabla 3.6 Costos de partes de suspensión parte delantera	126
Tabla 3.7 Costos de partes de suspensión parte posterior	129
Tabla 3.8 Costos de partes de base del sistema huidráulico	131
Tabla 3.9 Costos de partes de cilindros hidráulicos – Ensamblaje 001C LH Y RH	132
Tabla 3.10 Costos de Mangueras	134
Tabla 3.11 Resumen de costos.....	135
Tabla 3.12 Protocolo de pruebas de funcionamiento	135
Tabla 3.13 Verificación de hermeticidad y fugas del sistema hidráulico.....	137
Tabla 3.14 Pruebas de funcionamiento sistema mecánico	138
Tabla 3.15 Comprobación del funcionamiento del sistema hidráulico.....	139

Índice de Anexos

Anexo 1 Análisis de Tensión 001B.....	145
Anexo 2 Análisis de Tensión 001C.....	150
Anexo 3 Análisis de Tensión 001P.....	156
Anexo 4 Análisis de Tensión 002P	162
Anexo 5 Análisis de Tensión 5P.1	168
Anexo 6 Análisis de Tensión 6P.1	175
Anexo 7 Análisis de Tensión 009P.....	181

INTRODUCCIÓN

Uno de los sistemas más críticos de un vehículo es el sistema de suspensión ya que es el encargado de soportar el peso del vehículo y absorber las irregularidades del terreno. Durante la marcha junto con las ruedas se encarga de absorber y amortiguar las vibraciones, oscilaciones y sacudidas que recibe el vehículo, para de esta manera brindar confortabilidad en el manejo y proporcionar el contacto en todo momento de las ruedas con el suelo.

De igual manera la suspensión transmite a la carrocería los movimientos de fuerza de marcha y de frenaje, ocasionados por la fricción entre la superficie de la carretera y los neumáticos. De esta manera la carrocería se apoya sobre los ejes manteniendo la adecuada relación geométrica entre la carrocería y las ruedas (Manual de entrenamiento Toyota, Sistema de suspensión, 1990:1)

Suzuki siempre ha sido conocida por construir "atrevidos" pequeños 4x4, por lo que su desenvolvimiento en carretera y fuera de ella en diferentes partes del mundo le ha proporcionado una sólida reputación.

En 1.974 Suzuki introdujo el LJ50 (Jimny 550, SJ10), con mejoras sustanciales en la gama LJ. Con dichos cambios, Suzuki pudo incrementar el tamaño del motor, añadiendo un tercer cilindro, y un sistema de refrigeración por agua de 539 c.c. y dos tiempos con un rendimiento de 33 c.v.

El Suzuki LJ-50 se fabricó en dos versiones, siendo una de techo lona y la otra de techo metálico, denominada LJ-50V. La mayor potencia junto a su peso y tamaño muy contenido, granjearon a este modelo una buena fama de 4x4 eficaz en cualquier terreno, especialmente sobre barro, arena y nieve, por supuesto la nueva suspensión, le convertían en un vehículo de una clase superior.

En el desarrollo del proyecto surge la necesidad del diseño e implementación de un sistema de suspensión para el vehículo 4x4 que permita que en situaciones extremas como son cuando el vehículo se encuentra en lodos muy profundos el sistema le permite mediante válvulas hidráulicas controlar la altura de la suspensión del vehículo desde el habitáculo por medio de palancas.

Adicionalmente se puede mencionar que en la actualidad existen sistemas de suspensión para vehículos, pero específicamente para el tipo de vehículo en el que se pretende implementarlo como es el Suzuki LJ50 no existe, por ello la necesidad de crear un sistema que se adapte a las características del vehículo mencionado anteriormente. En razón de lo expuesto se puede plantear como pregunta principal de investigación:

¿El diseño e implementación de un sistema de suspensión con válvulas hidráulicas adaptado al vehículo 4x4, Suzuki LJ50 permitirá mejorar el desempeño del vehículo en situaciones complejas?

Como preguntas específicas el investigador propone:

- ¿Existe la suficiente información teórica que facilite el diseño de un sistema de suspensión mediante válvulas hidráulicas para controlar la altura de la suspensión de un vehículo, Suzuki LJ50 4x4, desde el habitáculo por medio de palancas?
- ¿Cuáles son las características técnicas que hay que considerar para el diseño del sistema de suspensión propuesto?
- ¿Cuáles son las especificaciones técnicas que hay que considerar para los elementos a utilizarse y las operaciones de montaje del sistema de suspensión propuesto?
- ¿De qué manera se puede comprobar que la adaptación ejecutada funciona correctamente?

Para intentar dar solución al problema de investigación será necesario establecer un Objetivo General el cual será:

Diseñar e implementar un sistema de suspensión con válvula hidráulica adaptado al vehículo 4x4 Suzuki LJ50 a fin de tener un mejor rendimiento en situaciones complejas de terreno.

Y como objetivos específicos se propone:

- Realizar una revisión bibliográfica que sirva de base para la comprensión del tema y un marco para el posterior desarrollo de la propuesta.
- Proponer el diseño de un sistema de suspensión mediante válvulas hidráulicas para controlar la altura de la suspensión de un vehículo, Suzuki LJ50 4x4, desde el habitáculo por medio de palancas.
- Ejecutar el montaje del sistema de suspensión diseñado mediante la adaptación de los elementos necesarios.
- Realizar las pruebas necesarias que garanticen un buen funcionamiento y puesta a punto del sistema de suspensión propuesto.

Un automóvil todoterreno conocido también como 4x4 o 4WD, es un tipo de automóvil diseñado exclusivamente para ser conducido en todo tipo de terrenos, por lo que vienen equipados con un sistema de suspensión robusto, considerando condiciones en cierto modo normales dentro del contexto de todoterreno.

La instalación de un kit de suspensión que permita elevar la parte inferior del vehículo para una mayor distancia al suelo, aumenta la capacidad de

vencer los obstáculos que el vehículo puede sortear y más aún si se utilizan neumáticos tipo off-road. Esta combinación permite que un vehículo 4x4 tenga una mayor capacidad de atravesar sobre grava suelta, barro profundo y terreno rocoso.

Obviamente que para exponer a un vehículo a situaciones de caminos difíciles además será necesario considerar otros factores para proteger la parte inferior del mismo, debido a la posibilidad de sufrir deterioro, por lo que ante ello será necesario colocar placas de deslizamiento para proteger los ejes delanteros, el radiador, cárter de aceite y otros mecanismos situados debajo del Suzuki.

En virtud de lo anteriormente expuesto la presente investigación dispone de una justificación teórica dado que ha sido necesario acudir a conceptos, definiciones y procedimientos técnicos recomendados en bibliografías especializadas.

Mediante este proyecto se busca fortalecer el estudio teórico de la Facultad de Ingeniería Automotriz en lo referente a la asignatura Mecánica automotriz con lo cual el estudiante no solo tendrá una visión teórica sino también una visión práctica acorde a la realidad del sector automotriz, con la finalidad de conseguir profesionales con mayor preparación y mejores destrezas.

El autor de la tesis, será el principal beneficiario de la investigación, pues el diseño del sistema de suspensión será adaptado al vehículo propiedad del autor, un vehículo Suzuki LJ50.

Con la implementación del sistema de suspensión adaptado a un vehículo 4x4 se lograría en el autor de la tesis un mayor nivel de preparación y un alto nivel de interés, pues los conocimientos no quedarían solo en teorías, ganando mejor experiencia en el área automotriz y a la vez una aplicación útil e innovadora.

Para el desarrollo del presente trabajo ha sido necesario analizar el problema de investigación y establecer los objetivos que sirven como guía para encontrar las posibles soluciones a través de los distintos capítulos. Para poder llegar a la adaptación de un sistema de suspensión en un vehículo Suzuki LJ50 4x4 , se ha requerido recopilar información teórica relacionada con el tema como soporte básico, para luego emprender con el diseño del sistema de suspensión mediante válvulas hidráulicas para controlar la altura de la suspensión del vehículo, desde el habitáculo por medio de palancas; Ejecutar el montaje del sistema diseñado mediante la adaptación de los elementos necesarios; y finalmente realizar las pruebas necesarias que garanticen un buen funcionamiento y puesta a punto del sistema de suspensión propuesto.

Como se podrá observar para llegar a la etapa final de prueba de la adaptación realizada ha sido necesario el seguir un orden secuencial y

coordinando, lo cual reviste a la investigación de una justificación de carácter metodológico.

Para este trabajo se ha considerado la información bibliográfica relacionada con sistema de suspensión de acuerdo al tema disponible los últimos cinco años; y se desarrolla dentro del período académico 2013-2014.

La ejecución práctica del proyecto en lo que corresponde a ensamblaje y adaptación, se ha realizado en talleres particulares en unos casos y en otros en las instalaciones de los talleres de la Facultad de Ingeniería Automotriz de la Universidad Internacional del Ecuador, todo ello con un alcance geográfico de la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha, República del Ecuador.

Este trabajo se centra en el diseño e instalación de un sistema de suspensión mediante válvulas hidráulicas las mismas que permitirán controlar la altura de la suspensión del vehículo, desde el habitáculo por medio de palancas. Si bien es cierto se analizarán de manera general otros temas relacionados con el funcionamiento del vehículo, en este caso, no se estudiarán a profundidad sistemas adyacentes como el de dirección, sistema de frenos o todo correspondiente a chasis.

Los pasos para el desarrollo del tema propuesto se basa en los siguientes puntos:

- Comprensión y planteamiento del problema.
- Definición de los objetivos.

- Búsqueda de la información teórica.
- Proponer el diseño de un sistema
- Ejecutar el montaje del sistema diseñado
- Realizar las pruebas necesarias y puesta a punto del sistema adaptado.
- Evaluación general.

La presente investigación se adapta a los siguientes tipos de investigación:

Exploratoria. – Ha sido aplicado en el presente trabajo dado que se ha tratado de aumentar el grado de familiaridad con fenómenos relativamente desconocidos, ya que se pretende explorar el conocimiento sobre un tema como el diseño y adaptación de un sistema de suspensión en un vehículo.

Descriptiva.- La investigación se adapta a este tipo de estudio dado que se busca especificar las propiedades y características importantes del objeto de investigación. Se trata de identificar las características de un sistema de suspensión, pero que para ello será necesario acoplar válvulas hidráulicas que permitan controlar la altura de la suspensión del vehículo, desde el habitáculo por medio de palancas

Aplicativa.- Se considera como un trabajo de investigación aplicativo debido a que se utilizarán conocimientos afines a la especialidad de Mecánica Automotriz para la ejecución del tema propuesto, lo cual se constituye en una oportunidad para aplicar los conocimientos adquiridos por el investigador durante su carrera estudiantil previa.

Se trata de un estudio de caso, en razón de que se tratará de la adaptación práctica de un sistema de suspensión en un vehículo de propiedad del investigador.

Por la naturaleza de la investigación se trata de una investigación cualitativa dado que se revisará información bibliográfica relacionada con definiciones y referencias; y cuantitativa en razón de emplearse fórmulas para cálculos matemáticos.

Las fuentes de datos a las que se acudirán son:

Fuentes Primarias.- Corresponden a los datos obtenidos “de primera mano”, por parte del investigador, las mismas que han sido obtenidas en especial de la información proveniente de la bibliografía especializada y fuentes digitales afines.

Fuentes Secundarias.- Corresponde a aquellas fuentes que contienen material ya conocido pero organizado de acuerdo a un esquema determinado, recopilándose toda aquella información que contenga o haga referencia a documentos primarios.

Entre las técnicas seleccionadas para el presente trabajo constan la recopilación documental y la observación de campo.

La recopilación documental se ha realizado a través de documentos gráficos o materiales de consulta bibliográfica como libros, revistas, artículos e información disponible en medios digitales.

La observación de campo se basa en la realización de observaciones personales por parte del investigador, en los sitios donde se ejecutaron los trabajos de adaptación mecánica, con la finalidad de recopilar información y los datos más importantes observados de primera mano, para de esta manera confrontarla con la información teórica.

CAPÍTULO 1

SUSPENSIÓN DEL VEHÍCULO

1.1. Antecedentes del sistema de suspensión

Desde un comienzo los vehículos automóviles han sido cerrados para permitir el desplazamiento de personas de un sitio a otro, lo cual implica que para conseguir este fin, se deben minimizar cualquier perturbación o efecto físico en las personas que se transportan.

De acuerdo a Alberdi (2005) en su texto relacionado titulado Manual de automóviles afirma que desde el punto de vista dinámico, “el peso del vehículo se divide en dos conjuntos, denominados masa suspendida y masa no suspendida según se trate de componentes situados antes o después del sistema de suspensión respecto al firme” (Alberdi Urbieta J, 2013, pág. 809)

La masa no suspendida se refiere a las ruedas del vehículo, los frenos, los trapecios de suspensión y otros componentes, como una parte de los palieres en los modelos de tracción delantera, y, en el caso de transmisión trasera, un conjunto variable de componentes. La masa suspendida corresponde al resto del vehículo, y la suspensión materializa el enlace entre ambos conjuntos.

Al igual que otros sistemas en los vehículos han sido creados orientándolos a obtener un óptimo rendimiento de un vehículo, en este caso, una mayor comodidad o confort de los ocupantes de un vehículo, ya sea al recorrer carreteras o caminos irregulares. Los primeros modelos de autos no disponían de sistemas que permitían compensar las irregularidades en las carreteras de manera eficiente, por lo que a lo largo del tiempo y con el desarrollo de los medios de transporte, se han ido diseñando diferentes tipos de sistemas orientados a mantener cierta comodidad en la carrocería, independizándola de alguna manera de los sacudones o virajes de las ruedas o mecanismo inferiores. Incluso en el caso del transporte de carga como mercancías o artículos frágiles, se pensó en diferentes maneras de aislarlos de las vibraciones con la finalidad de proteger dichos artículos.

1.2. Definición

Las suspensiones corresponden a mecanismos que conectan el chasis con el conjunto de elementos rodantes, constituido por los neumáticos y todo un conjunto de cadenas cinemáticas que unen masas suspendidas con las que no lo están con finalidades determinadas. Resumiendo lo propuesto por Barriga y Paredes (2009) en su investigación titulada “Software de control y registro de asistencia técnica”, se puede afirmar que masas suspendidas serían aquellas partes del vehículo que están sostenidas por elementos elásticos y que no se encuentran en contacto con el piso, es decir que como es el caso del motor,

chasis, carrocería, incluyéndose todos aquellos elementos que estos los contienen. (Barriga J y Paredes H, 2009, págs. 5-6)

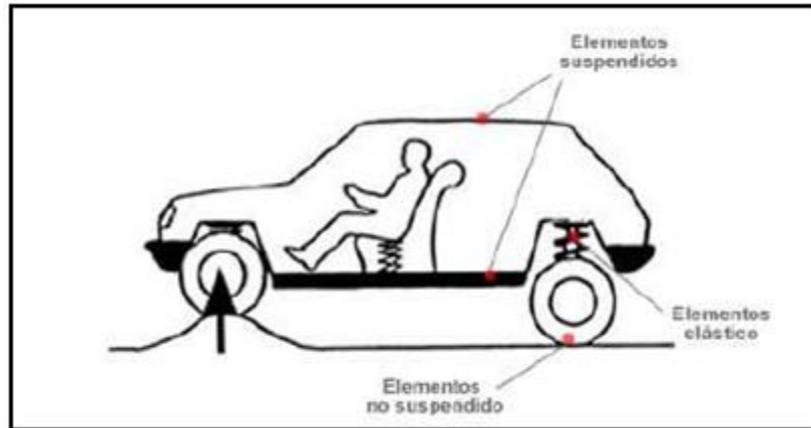


Gráfico 1.1 Elementos del sistema de suspensión

Fuente: Luque, 2004

De acuerdo a Pablo Luque (2004) en su obra: “Ingeniería del automóvil”, menciona que el sistema de suspensión de un vehículo es un conjunto de dispositivos encargados de absorber los movimientos bruscos que producirán efectos indeseables en el vehículo, por efecto de las irregularidades del terreno proporcionando así una marcha estable y segura **(Luque P, 2009, pág. 121)**

La necesidad de utilizar un sistema de suspensión en un automóvil, no está motivada estrictamente con la tolerancia de las personas que se transportan, sino también en la preservación de las partes del automóvil en si, ya que las vibraciones o sacudones pueden afectar a mecanismos sensibles, contactos eléctricos o aflojamiento de uniones mediante tornillos o permitir fugas de fluidos.

1.3. Funciones del sistema de suspensión

En relación a las funciones del sistema de suspensión, Alberdi Urbierta en su obra: Manual de automóviles, ellas absorben irregularidades del piso y “para ello se valen de elementos elásticos, que se encargan de gobernar el movimiento vertical de las ruedas, determinando movimientos propios que deben estar de acuerdo con las deformidades con los neumáticos”(pág.24)

Los condicionantes técnicos sobre los que se diseña una suspensión no sólo corresponden a temas relacionados con vibraciones del vehículo, o irregularidades del firme (confort de marcha); también es necesario considerar la interacción entre el vehículo (ruedas) y el suelo, por lo que las funciones básicas de la suspensión consideran:

- Los movimientos relativos de la rueda con relación a la carrocería de manera vertical, es decir, que no interfieran las variaciones de caída, avance, dirección, etc.;
- Que los neumáticos se mantengan en contacto con el piso de tal forma que las variaciones de carga sean mínimas.
- Que asegure una guía de las ruedas durante los movimientos bruscos de subida y bajada, así como durante los giros.
- Que la suspensión cumpla con la función de sostener la masa suspendida sobre la masa no suspendida.
- Que cumpla la función de minimizar la transferencia longitudinal de peso cuando se produce acciones de frenado o aceleración.

- Resistir el balanceo o transferencia lateral de peso principalmente al curvar.
- En el caso de la adaptación a un vehículo todoterreno como el de la presente investigación se trataría de brindar el mejor confort posible, dadas las condiciones.

Por su parte Luque (2004) va más allá de lo propuesto por Alberti Urbierta y propone que además se debe considerar otras funciones complementarias importantes en el sistema de suspensión:

- a. Transmitir las fuerzas de aceleración y de frenada entre los ejes y bastidor.
- b. Resistir el par motor y de frenada.
- c. Resistir los efectos de las curvas.
- d. Conservar el ángulo de dirección en todo el recorrido.
- e. Conservar el paralelismo entre los ejes y la perpendicularidad del bastidor.
- f. Proporcionar una estabilidad adecuada al eje de balanceo.
- g. Soportar la carga del vehículo. (Luque, 2004, pág. 121)

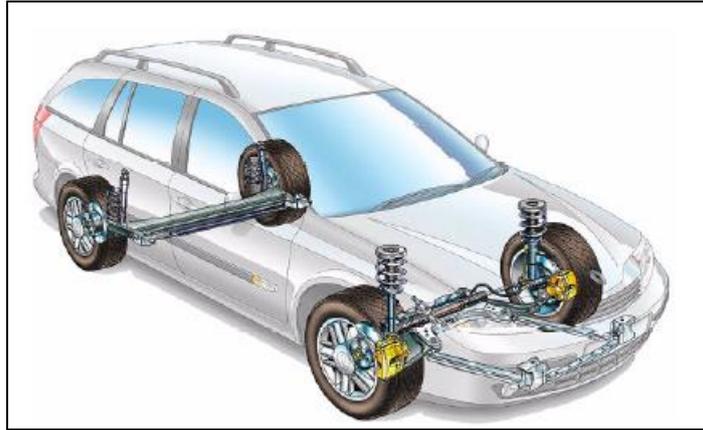


Gráfico 1.2 Disposición del conjunto de la suspensión.

Fuente: Luque, 2004

1.4. Elementos de la suspensión

El conjunto elástico del que todo sistema de suspensión debe estar formado por ballestas, muelles helicoidales o barras de torsión y otro de amortiguación, formado por los amortiguadores. Además dispone de otros elementos constructivos, como los bujes, brazos, rotulas, etc., y elementos que mejoran el comportamiento de la suspensión, como barras estabilizadora, tirantes de reacción, barras transversales, etc.

Los elementos de la suspensión dependen del tipo de sistema de suspensión empleado, si bien siempre habrán de poseer elementos elásticos, amortiguadores, elementos de sujeción y guiado, y demás componentes comunes.

1.4.1. Elementos elásticos de la suspensión

En el tema relacionado con elementos elásticos de la suspensión, Pérez (2011) en su obra: "Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección", sostiene que la función es la de soportar el peso del vehículo, permitiendo, mediante su deformación, los movimientos de compresión y extensión. Dentro de cualquier de sus múltiples variantes, la característica principal de todo elemento elástico es su tarado, que corresponde a la resistencia que posee un elemento elástico a la deformación (Pérez M, 2011, pág. 220)

Los elementos fundamentales en toda suspensión son:

- Muelles
- Amortiguadores
- Barras estabilizadoras

Al respecto, la facultad de Ingeniería Mecánica Aplicada de la Universidad de Navarra (2011), en una publicación en su sitio web www.imac.unavarra.es relacionada con amortiguadores se refiere a estos como elementos que impiden que las oscilaciones del terreno se transmitan a la carrocería en forma de golpes, mejorando el confort. Además, mantienen las ruedas en contacto con el terreno, mejorando la estabilidad y la capacidad para dirigir el vehículo (Universidad de Navarra, 2011).

✓ Muelles

En relación al concepto de muelles, se ha tomado lo manifestado por los autores Avallone en su libro: manual del ingeniero mecánico, afirma que “son elementos colocados entre el bastidor y lo más próximo a las ruedas, que recogen directamente las irregularidades del terreno, absorbiendo en forma de deformación. Deben tener buenas propiedades elásticas y absorber la energía mecánica evitando deformaciones indefinidas” (Avallone, 2002, pág. 07)

Los muelles pueden ser:

- Ballestas
- Muelles helicoidales
- Barra de torsión

Ballestas, de acuerdo a la definición propuesta por Luque(2004) en su libro: “Ingeniería del automóvil” están constituidas por un conjunto de hojas (1) o láminas de acero especial, unidas mediante unas abrazaderas (2), que permiten el deslizamiento entre las hojas cuando estas se deforman por el peso que soportan. La hoja superior (maestra) va curvada en sus extremos, formando unos ojos, en los que se montan unos casquillos (3) para su acoplamiento al soporte del bastidor, por medio de pernos y bulones. Todas las hojas se unen en el centro mediante un tornillo pasante con tuerca, llamada “capuchino” (4).

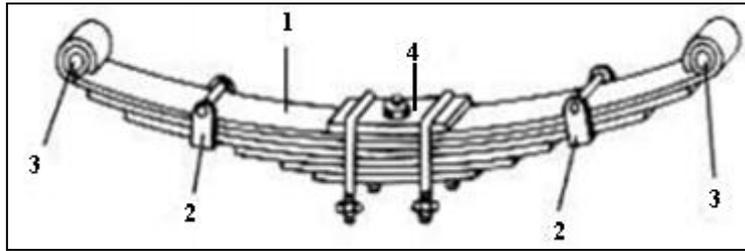


Gráfico 1.3 Ballestas

Fuente: Luque, 2004

“Los muelles helicoidales están contruidos por una varilla de acero con un diámetro entre 10 y 15 mm, enrollado en forma de hélice. Sus espiras extremas (superior e inferior) se hacen planas para obtener un buen asiento”(Universidad de Navarra, 2011). El diámetro del muelle varía en función de la carga que ha de soportar.

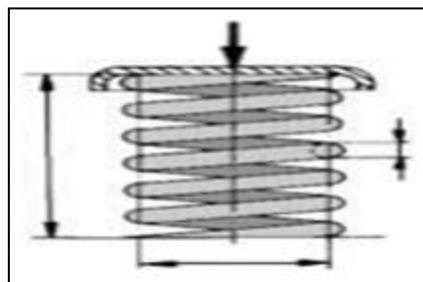


Gráfico 1.4 Muelles helicoidales

Fuente: Luque, 2004

“La barra de torsión basa su funcionamiento en el principio que si a una barra de acero elástica se la fija a un extremo a el extremo libre se la somete a un esfuerzo de torsión, la barra se retorcerá, pero una vez finalizado el esfuerzo recuperará su forma primitiva” (Picabea a y Ortega J, 2010. , pág. 99). Las barras de torsión se pueden disponer paralelamente al eje longitudinal del vehículo o transversalmente.

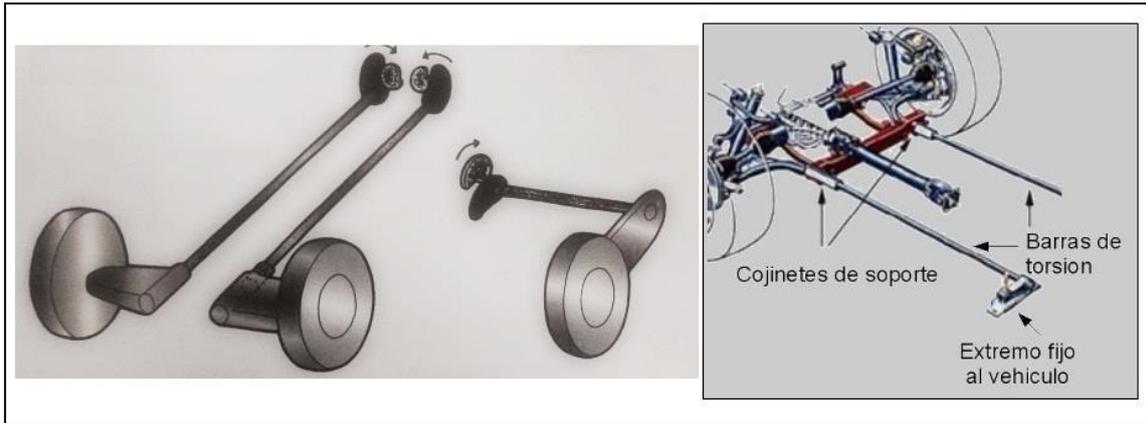


Gráfico 1.5 Barras de torsión

Fuente: (Automóvil, 2010)

Las barras de torsión se pueden disponer paralelamente al eje longitudinal del vehículo o transversalmente.

1.4.2. Elementos de amortiguación de la suspensión

De acuerdo al estudio de la Universidad de Navarra (2011) para la facultad de Ingeniería Mecánica “El amortiguador es un dispositivo que absorbe energía, utilizado normalmente para disminuir las oscilaciones no deseadas de un movimiento periódico o para absorber energía proveniente de golpes o impactos.

Los amortiguadores son elementos que se encargan de absorber las oscilaciones de los muelles, evitando que se transmitan a la carrocería, convirtiendo en calor la energía recogida de la masa oscilante. “La deformación del medio elástico, como consecuencia de las irregularidades del terreno, da lugar a unas oscilaciones de todo el conjunto. Cuando desaparece la

irregularidad que produce la deformación, de no frenarse las oscilaciones, haría balancear toda la carrocería” (Óp. Cit, Picabea J y Ortega A, 2010, pag. 99).

Cuando el vehículo encuentra un obstáculo o un bache, el impacto de la rueda comprime o alarga el muelle, acumulando éste la energía producida, y al no tener capacidad de absorción, devuelve la energía inmediatamente, hacia la carrocería en forma de oscilaciones. Es ahí cuando el amortiguador es el encargado de controlar las oscilaciones, recogiendo el efecto de compresión y de extensión del muelle, actuando de freno en ambos sentidos.

Los amortiguadores se pueden clasificar en diferentes tipos:

Según su sentido de trabajo:

- a. Amortiguadores de simple efecto: sólo amortiguan en un sentido.
- b. Amortiguadores de doble efecto: amortiguan en extensión y compresión.

De acuerdo al fluido de amortiguación existen:

- a. Amortiguadores de gas.
- b. Amortiguadores hidráulicos.

Los amortiguadores de gas proporcionan una gran estabilidad y rigidez al vehículo, lo cual permite tomar curvas con más seguridad, por lo que son utilizados especialmente en autos de carreras y de turismo.

Los amortiguadores hidráulicos están rellenos con un aceite que se comprime fácilmente y su funcionamiento está basado en la conversión de la energía cinética (movimiento) en energía térmica (calor). Ello ocurre debido a

que el aceite hidráulico que contiene el amortiguador en su interior debe pasar, a través de unos orificios reducidos y sistemas de válvulas que incorpora el pistón, de la cámara inferior a la superior del cilindro hidráulico cuando se comprime y de la cámara superior a la inferior en la fase de extensión (Óp. Cit, Picabea J y Ortega A, 2010, pag. 102).

Los amortiguadores están colocados detrás de las ruedas, y se ubican desde la parte superior de éstas, sujetos desde el chasis hasta el eje, de tal manera que permiten que la rueda absorba las oscilaciones y no el chasis cuando el vehículo circula.

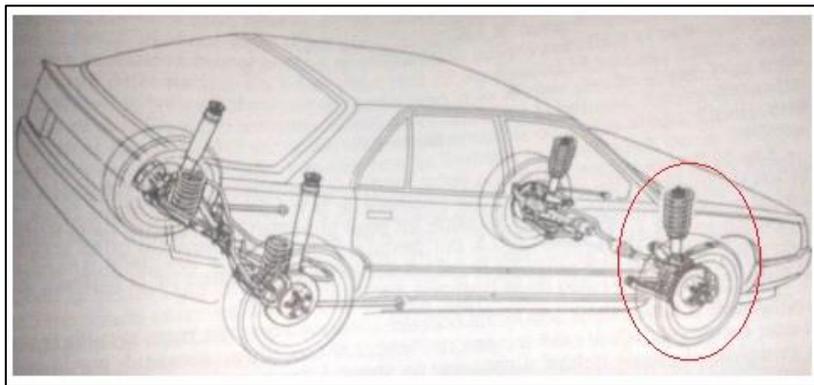


Gráfico 1.6 Ubicación de amortiguadores

Fuente: (Pérez, 1996)

Los amortiguadores de doble efecto, hidráulicos y telescópicos, actualmente son los más utilizados, se componen de dos tubos concéntricos, observar gráfica # 1 (8 y 5), sellados por el extremo superior con el retén (2), a través del cual pasa el vástago (9), determinado en el extremo de fuerza por el anillo (1), que se une al bastidor, y que lleva un tercer tubo abierto (3), denominado cubre barras. El vástago (9) termina en el pistón (4), con orificios calibrados y válvulas dentro del tubo interior (8). En el extremo del tubo interior

(8) se encuentran las válvulas de amortiguación (6) en compresión. El amortiguador se une por (7) al eje o rueda.

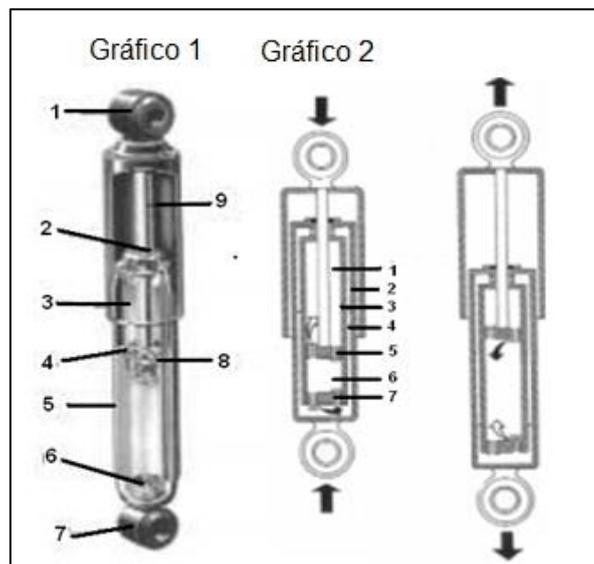


Gráfico 1.7 Amortiguador telescópico y Amortiguador hidráulico de doble efecto

Fuente: Pérez, 1996

En el amortiguador hidráulico de doble efecto cuando el amortiguador se comprime, parte del aceite que se encuentra en la cámara intermedia, observar gráfica # 2 (6) pasa a la cámara superior (1), a través de las válvulas (5) situadas en el pistón. El resto del aceite pasa a la cámara inferior (4), a través de las válvulas (7), que limitan el paso de aceite, amortiguando la compresión. (Universidad de Navarra, 2011)

Cuando se produce el efecto de expansión, el aceite pasa de la cámara superior y de la cámara inferior a la cámara intermedia, a través de las válvulas (5) y (7). El paso por las válvulas (5) provoca el efecto de amortiguación en expansión. La diferencia con respecto a los amortiguadores de simple efecto consiste en que estos últimos sólo amortiguan en un sentido (Universidad de Navarra).

1.4.3. Barras estabilizadoras

Las barras estabilizadoras de acuerdo a lo propuesto por Rojas (2010) en su libro: "Mecánica del automóvil" a manera de resumen, está formada por una barra larga de acero unida por cada uno de sus extremos a los brazos de control inferiores y se la conoce también como barra balanceadora, en palabras textuales del autor "Cuando el automóvil sigue una trayectoria de viraje, la fuerza centrífuga presente tiende a mantener el movimiento según una línea recta, y por lo tanto, la parte suspendida del vehículo tiende a inclinarse hacia el exterior (Rojas.M, 2010, pág. 706)

De acuerdo a la figura anterior cuando existe un viraje se concentra un peso adicional sobre el muelle exterior comprimiéndolo, pivotando el brazo de control y tirando consigo el extremo de la barra estabilizadora. Así mismo se disminuye el peso sobre la rueda interior por lo que el muelle interior se distiende lo cual provoca un pivotaje hacia abajo del brazo de control inferior tirando consigo hacia abajo el extremo conectado de la barra estabilizadora.

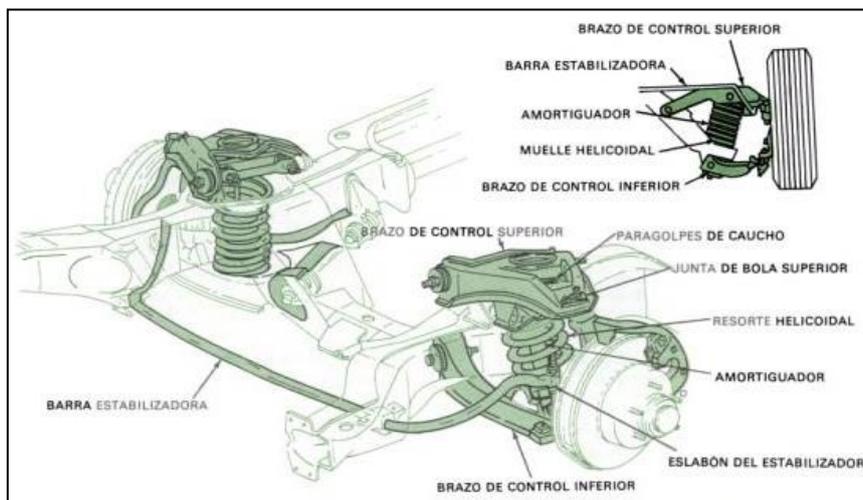


Gráfico 1.8 Barras estabilizadoras

Fuente: (Crouse W, 2005, pág. 751)

1.5. Tipología del sistema de suspensión

Actualmente existen distintas disposiciones de suspensión las mismas que depende del tipo de comportamiento que se desea obtener en el funcionamiento del vehículo: una mayor comodidad o confort, sencillez y economía, etc. “Existen dos tipos comunes de sistemas de suspensión usados frecuentemente hoy día: Suspensión dependiente y Suspensión independiente”. (Óp. Cit Luque, 2004:122)

1.5.1. Suspensión dependiente

También llamada “de punto rígido” está compuesta de un eje de una sola pieza rígida y a cuyos extremos se encuentran conectadas las ruedas, como se puede observar en la siguiente imagen.

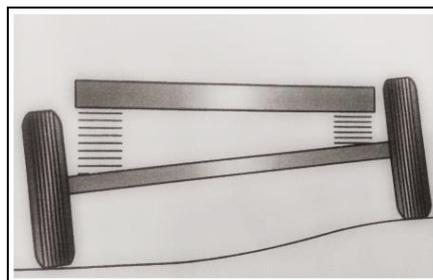


Gráfico 1.9 Suspensión de eje rígido

Fuente: Automóvil, 2010

El peso de las masas no suspendidas se incrementa considerablemente debido al peso del eje rígido y al peso del grupo cónico diferencial cuando se trata de vehículos con tracción trasera. La principal ventaja con que cuenta este sistema, es su sencillez de diseño y no producen variaciones significativas en los parámetros de la rueda como caída, avance, etc., y la principal

desventaja es que al estar unidas ambas ruedas, las vibraciones producidas por la acción de las irregularidades del pavimento, se transmiten de un lado al otro del eje. Este tipo de suspensión es utilizada principalmente en vehículos industriales, autobuses, camiones y vehículos todo terreno, como el de la presente investigación.

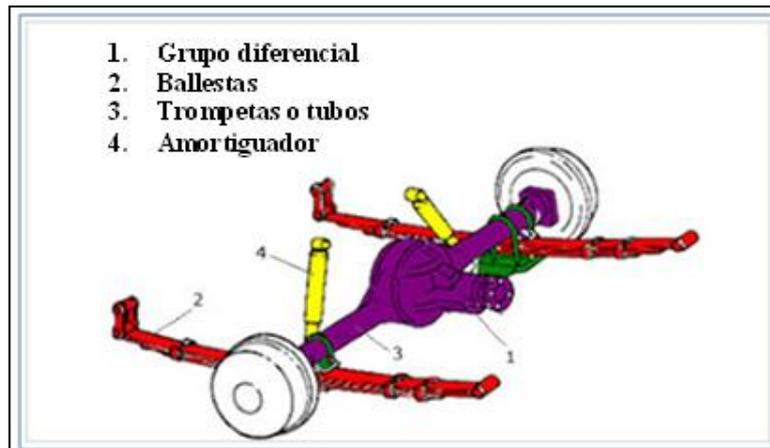


Gráfico 1.10 Suspensión rígida para eje trasero propulsor

Fuente: (www.gabriel.com.mx)

1.5.2. Suspensión independiente

Los sistemas de suspensión independiente disponen de montaje individual, lo cual no relaciona el un extremo del sistema con el otro, es decir, cada rueda se encuentra sostenida por su propio sistema de suspensión y unión al bastidor tal como se puede apreciar en el grafico siguiente:

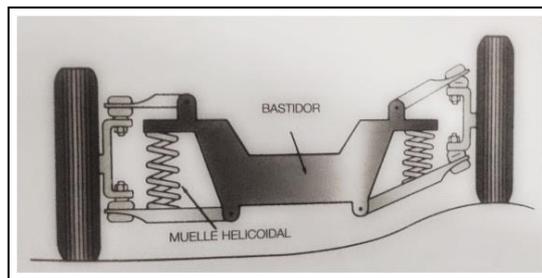


Gráfico 1.11 Suspensión Independiente

Fuente: Automóvil, 2010

Respecto al sistema de eje rígido, con este sistema si el movimiento de una rueda no se transmite a la del otro extremo, la repercusión en cuanto a la inclinación del chasis y la carrocería, será mucho menor. Con este sistema el centro de oscilación es más amplio, lo cual ayuda a que existe menos golpeteo

y mayor adherencia en la rueda. Una de las variantes más destacadas de este sistema es el sistema McPherson:

1.5.2.1. Suspensión McPherson.

La suspensión desarrollada por Earle S. McPherson, ingeniero de Ford del cual recibe su nombre, es uno de los sistemas de suspensión más empleados en el tren delantero aunque de igual forma puede ir montado en el trasero. El sistema ha tenido mucho éxito, debido a su sencillez de fabricación y mantenimiento, el coste de producción y el poco espacio que ocupa.

El éxito de la suspensión Mc Pherson depende significativamente de su diseño, con algunas piezas que ayudan en su buen desempeño, como el tubo telescópico, el muelle helicoidal (o resorte) y el brazo de control inferior transversal (o mango), de acuerdo al gráfico siguiente:

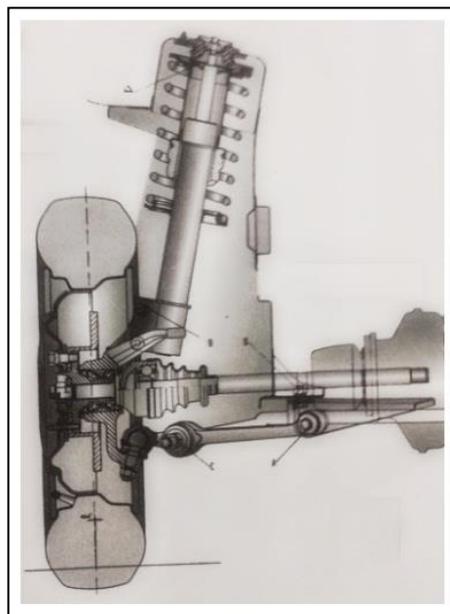


Gráfico 1.12 Suspensión Mc Pherson

Fuente: Automóvil, 2010

1.6. Hidráulica

La hidráulica es una rama de la física y la ingeniería que se relaciona con el estudio de las propiedades mecánicas de los fluidos.

La hidráulica es la aplicación de la mecánica de fluidos en ingeniería, para construir dispositivos que funcionan con líquidos, por lo general agua o aceite. Al respecto Avallone en su texto: Manual del Ingeniero Mecánico afirma que: “la hidráulica resuelve problemas como el flujo de fluidos por conductos o canales abiertos y el diseño de presas de embalse, bombas y turbinas” (Avallone, 2002, pág. 13).

Su fundamento es el principio de Pascal, que establece que la presión aplicada en un punto de un fluido se transmite con la misma intensidad a cada punto del mismo.

Principio de Pascal. La presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente a las paredes del recipiente.

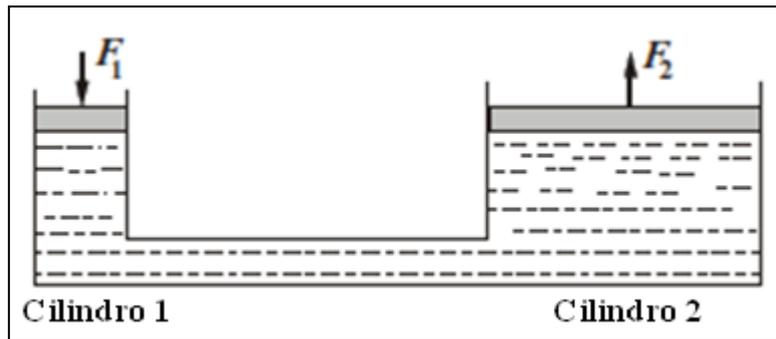


Gráfico 1.13 Principio de Pascal

Fuente: Avallone, 2002

$$P_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$P_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$P_1 = P_2$$

$$\boxed{\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}}$$

En cuanto los desplazamientos de los émbolos, como el volumen de líquido que sale del cilindro 1 es igual al que entra en el cilindro

$$V_1 = A_1 \cdot l_1$$

$$V_2 = A_2 \cdot l_2$$

$$V_1 = V_2$$

$$\boxed{A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2}$$

$l_1 =$ **Desplazamiento del embolo 1**

$l_2 =$ **Desplazamiento del embolo 2**

Ley de continuidad.- Considerando a los líquidos como incomprensibles y con densidades constantes, por cada sección de un tubo pasara el mismo caudal por unidad de tiempo.

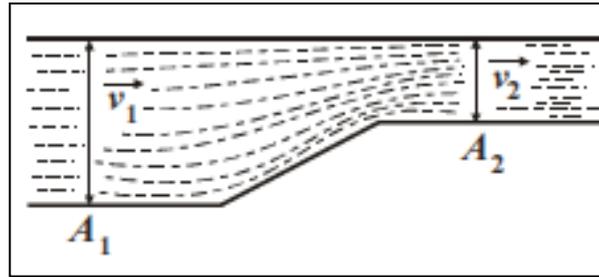


Gráfico 1.14 Ley de continuidad

Fuente: Avallone (2002)

$$Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{A_1 \cdot l_1}{t} = A_1 \cdot v_1$$

$$Q_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{A_2 \cdot l_2}{t} = A_2 \cdot v_2$$

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$$

Ley de continuidad

Cuando las secciones de las conducciones son circulares.

$$D_1^2 \cdot v_1 = D_2^2 \cdot v_2$$

Donde la velocidad varía de forma inversamente proporcional al cuadrado del diámetro.

Resistencia hidráulica (R). Es la resistencia que oponen los elementos del circuito hidráulico al paso del líquido.

$$R = \frac{\Delta p}{Q}$$

1.6.1. Ventajas y desventajas

Ventajas

- Es posible disponer de fuerzas estáticas elevadas en espacios reducidos, posibilitando la conversión de energía hidráulica en energía mecánica sin la presencia de energía eléctrica.
- Las facilidades que prestan los aceites al ofrecer resistencia a la compresibilidad lo hace ideal para conservar situaciones de presión durante tiempos considerables.

Desventajas

- Se trata de sistemas más elevados que otros sistemas con objetivos similares.
- Disponen de mecanismos rígidos lo cual los hace más pesados debido a que deben soportar fuerzas elevadas.
- Presentan dificultades en su mantenimiento debido a su sensibilidad a la suciedad requieren de medidas de seguridad más extremas por las elevadas presiones que se alcanzan.

1.6.2. Componentes de maquinaria

Corresponde a los componentes que producen movimiento para realizar un trabajo, como en este caso, son bombas hidráulicas, válvulas hidráulicas, cilindros hidráulicos y mangueras.

Bombas hidráulicas.- Accionada mecánicamente por medio de una polea conectada al motor aspira el líquido desde el depósito y lo conduce, a través de las cañerías a pasando por un acumulador de presión y de un filtro, proporcionando una presión y caudal adecuado de líquido a la instalación.

En el presente trabajo la bomba dispone de un depósito, instalado directamente en el cuerpo de la bomba, el cual dispone de un depósito con una tapa con medidor de nivel, con la finalidad de verificar el nivel del fluido, el cual no debe encontrarse debajo del nivel estándar.



Gráfico 1.15 Instalación de Bomba hidráulica

Fuente: Alejandro Salazar

Debido a la conexión entre la bomba y el motor mediante una banda, hay que considerar que el volumen de descarga será proporcional a las revoluciones del motor, por lo que será necesario colocar dentro de la bomba una válvula controladora de flujo, la cual va a regular la cantidad de fluido de descarga.

Válvulas hidráulicas.- De acuerdo Salvador de las Heras (2011) las válvulas de control se utilizan en hidráulica para dirigir un fluido hacia diferentes direcciones sin que se recorran largas distancias de retorno, por lo que estas

válvulas permiten la apertura o cierre de diferentes vías de paso ya sea de manera manual, neumática, hidráulica o electromagnética entre las principales (pág. 36)

Con las bombas volumétricas mencionadas, la presión del aceite depende del régimen de rotación del motor y de la viscosidad del aceite. La bomba tiene la ventaja de que cuanto más deprisa gira el motor, más cantidad de aceite envía a la tubería de carga (CEAC, 2008) por lo que las válvulas de descarga cumplen la función de regular el paso del aceite de descarga.

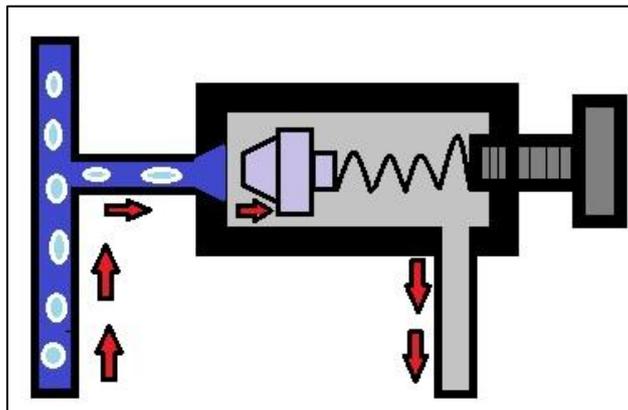


Gráfico 1.16 Válvula en posición abierta

Fuente: Alejandro Salazar

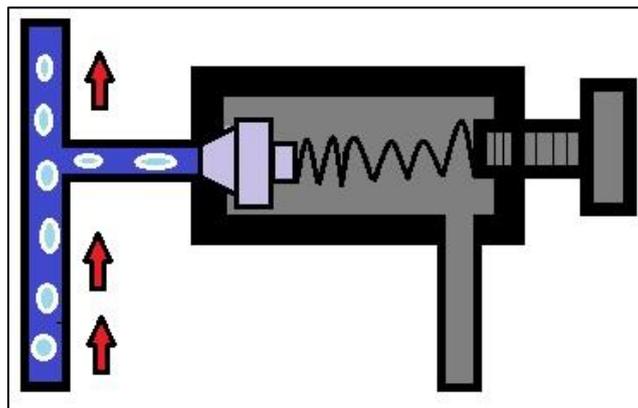


Gráfico 1.17 Válvula en posición cerrada

Fuente: Alejandro Salazar

En una instalación óleo hidráulica, el aceite impulsado por la bomba alcanza los actuadores a través de una serie de conductos y de diferentes válvulas. Las válvulas son los elementos que permiten regular la presión, el caudal o la dirección de flujo (Chudakov A, 2000, pág. 32)

Para poder controlar la velocidad o esfuerzo que se requiere ejercer utilizando un actuador va a depender mucho de la presión y el caudal, ya que en el primer caso puede afectar el nivel de energía potencial del fluido y el caudal se obtiene regulando la cantidad del fluido que se encuentra dentro del sistema. Las dos regulaciones se las puede realizar de manera indistinta e independiente como consecuencia de la elevada incompresibilidad del fluido.

Cilindros hidráulicos.- Son los encargados de transformar la energía óleo hidráulica en energía mecánica con un movimiento rectilíneo alternativo. Existen dos tipos:

Cilindros de simple efecto.- Son aquellos que sólo realizan trabajo útil en un sentido de desplazamiento del vástago, por lo que para que el émbolo recupere la posición de reposo se dota al cilindro de un muelle. Esto es cuando se requiere la aplicación de fuerza en un solo sentido. El fluido es aplicado en la parte delantera del cilindro y la opuesta conectada a la atmósfera.

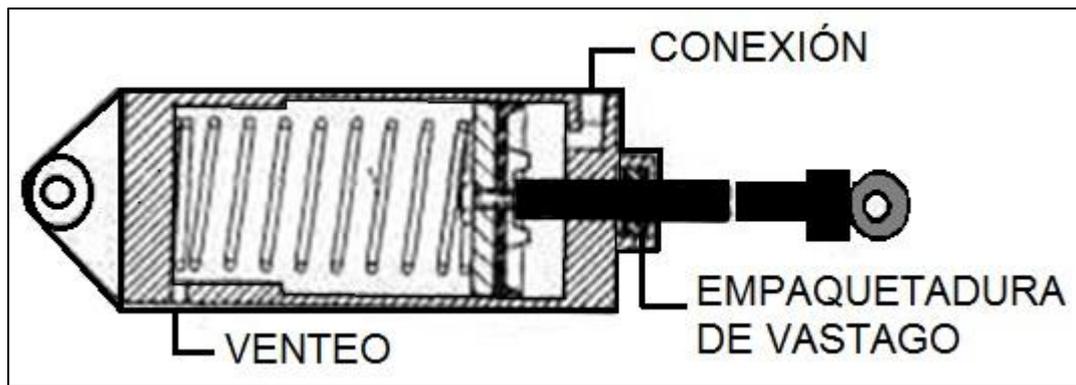


Gráfico 1.18 Cilindros de simple efecto

Fuente: Alejandro Salazar

Cilindros de doble efecto. Son aquellos que pueden realizar trabajo en ambos sentidos de desplazamiento, debiendo tener en cuenta que la fuerza de avance y retroceso es diferente, ya que en un sentido hay que considerar el diámetro del vástago. Esta configuración es requerida cuando se necesita que el desplazamiento volumétrico o la fuerza sean iguales en ambos sentidos.

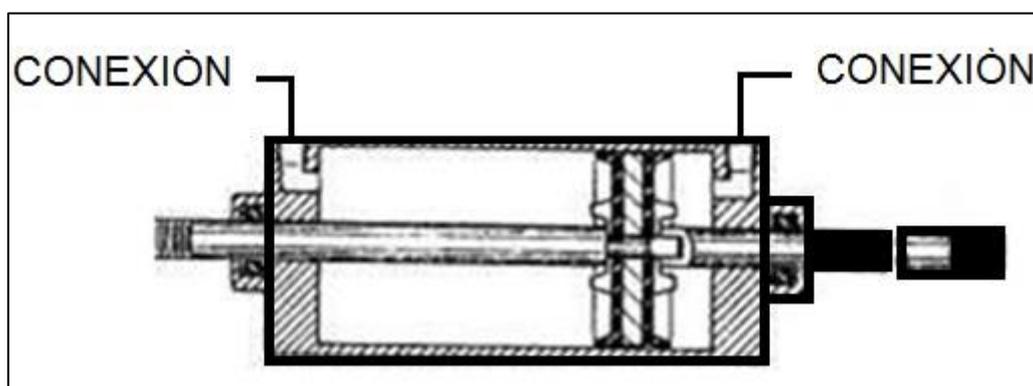


Gráfico 1.19 Cilindros de doble efecto

Fuente: Alejandro Salazar

CAPÍTULO 2

DISEÑO CONCEPTUAL DEL SISTEMA DE SUSPENSIÓN

2.1. Introducción

Un automóvil todo terreno está diseñado para conducción en vías de todo tipo, como superficies de tierra, de arena, piedras y agua, además de circular por pendientes pronunciadas e irregulares, por lo que para ello la condición principal es disponer de mecanismos apropiados para conducir satisfactoriamente, destacándose la tracción en las cuatro ruedas con un sistema de reductor de marchas. Adicionalmente a ello y con la finalidad de brindar un mayor confort se debe contar con un sistema de suspensión reforzado para de esta manera poder resistir los impactos, absorbiendo las desigualdades del terreno, de tal manera que no afecten a los demás mecanismos y carrocería sin perder las cualidades de asentamiento al piso, manteniendo el equilibrio durante los virajes difíciles.

Para el diseño del sistema de suspensión con válvula hidráulica, que va a ser adaptado al vehículo 4x4 Suzuki LJ50, con el fin de tener mejor rendimiento en situaciones complejas, se analizará a lo largo del presente capítulo toda la información bibliográfica disponible adaptada al tema y que vaya permitiendo seleccionar por una parte los elementos adecuados para la

adaptación, así como provea de información adecuada para ir abriendo el panorama de la implementación por realizarse.

2.2. Análisis de alternativas

Las alternativas para desarrollar el sistema de suspensión son: El sistema de suspensión independiente y dependiente, este último sistema se lo descartó por las diversas desventajas que proporciona en relación con un sistema de suspensión independiente, entre las cuales enfatizo las más importantes.

En la suspensión con eje rígido o dependiente, las ruedas van unidas entre sí mediante un eje, el cual va unido a la estructura del vehículo mediante los sistemas de suspensión (resortes, amortiguadores, ballestas, etc.) esto suponen interacciones inevitables en los movimientos de una y otra rueda. En la suspensión independiente cada rueda va unida a la estructura mediante brazos articulados, lo que permitiría movimientos autónomos en cada rueda. En lo que respecta a costos y peso; el sistema de suspensión dependiente resultaría económico por su simplicidad, pero se aumentaría peso no suspendido. Por las razones descritas anteriormente nos inclinamos por el sistema de suspensión independiente a las ruedas delanteras. Ahora bien dentro de la suspensión independiente existe una variedad de sistemas, entre los cuales mencionaremos dos alternativas.

2.2.1. Alternativa 1: Suspensión independiente de paralelogramo deformable.

En este tipo de sistema de suspensión cada rueda es guiada mediante un brazo superior (corto) y otro inferior (largo), el otro extremo de los brazos van unidos al chasis.

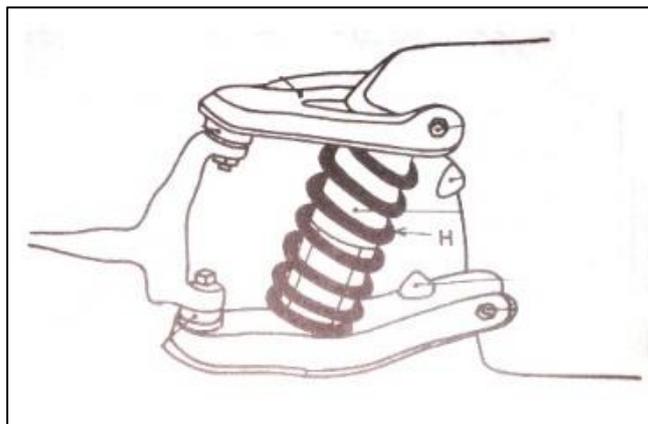


Gráfico 2.1. Suspensión independiente de paralelogramo deformable

Fuente: Pérez, 1996

2.2.2. Alternativa 2: Suspensión independiente McPherson

Se puede distinguir una suspensión McPherson porque el amortiguador es solidario con la mangueta, bien porque va integrado dentro, o sujeto con pernos. La suspensión McPherson se usa en los dos ejes, pero es más frecuente en el delantero.

Cuando una suspensión de tipo McPherson está en el eje de la dirección tiene como sujeción inferior bien un triángulo o dos brazos que forman un triángulo. Cuando hay una suspensión McPherson en un eje que no tiene

dirección, lo normal es que haya tres elementos inferiores de unión: dos brazos transversales y uno oblicuo o longitudinal. Si bien tiene como ventajas su simplicidad, tiene un problema geométrico, ya que debido a su configuración no es posible que el movimiento de la rueda sea vertical, sino que el ángulo vertical varía algunos grados durante su movimiento.

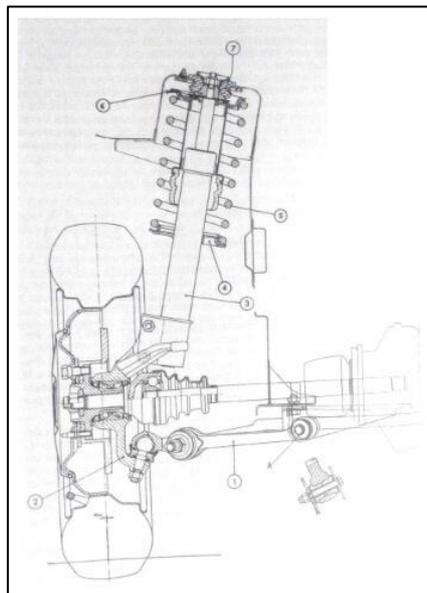


Gráfico 2.2 Suspensión independiente
McPherson delantera

Fuente: Pérez, 1996

2.3. Diseño de partes mecánicas

Para empezar con el diseño de las piezas que van a soportar las nuevas partes de la suspensión del Suzuki LJ50, se procedió a elegir un programa llamado Autodesk Inventor Profesional el cual nos va ayudar con la exactitud del diseño de piezas.

Las medidas de coordenadas de cada una de la piezas que se van a implementar en el chasis del Suzuki LJ50 van a ser tomadas del Vitara, para posteriormente sacar moldes.

Para proceder con el diseño de las piezas que ayudan a sujetar todas las partes del Vitara se tiene que crear un orden de diseño, en el cual conste el código de la pieza y en que parte del vehículo se la va a utilizar. Dichas piezas se han construido con moldes sobre planchas de acero al carbono A-36 que es un material fuerte con alta resistencia a la fatiga, con un espesor de 6 mm.

Para la determinación del sistema de suspensión se ha considerado una suspensión parte delantera y una suspensión parte trasera.

2.3.1. Suspensión parte delantera

Tabla 2.1. Base cilindro hidráulico LH – ENSAMBLE 001D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1D.1	Lateral de Base
1D.2	Lateral de Base
1D.3	Central Base
BASE CILINDRO HIDRAULICO RH – ENSAMBLE 002D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
2D.1	Lateral de Base
2D.2	Lateral de Base
2D.3	Central Base
SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN RH – ENSAMBLE 003D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
3D.1	Lateral soporte perno
3D.2	Lateral Soporte perno
3D.3	Tapa superior
3D.4	Tapa Lateral

SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN LH – ENSAMBLE 004D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
4D.1	Soporte perno lateral
4D.2	Soporte perno lateral
4D.3	Tapa Lateral
4D.4	Tapa superior
4D.5	Soporte 4 pernos hacia la transmisión
4D.6	Tapas lateral
4D.7	Tapa lateral
SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE MOTOR – ENSAMBLE 005D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
5D.1	Base Rectangular al Chasis
5D.2	Tapa soporte al Chasis
SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE CAJA – ENSAMBLE 006D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
6D.1	Base Rectangular al Chasis
6D.2	Tapa soporte al Chasis
SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE MOTOR – ENSAMBLE 007D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
7D.1	Base Rectangular al Chasis
7D.2	Tapa soporte al Chasis
SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE CAJA – ENSAMBLE 008D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
8D.1	Base Rectangular al Chasis
8D.2	Tapa soporte al Chasis
SOPORTE RESORTE LH – ENSAMBLE 009D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
9D.1	Tapa circular superior
9D.2	Soporte hacia el Chasis
9D.3	Soporte hacia el Chasis
9D.4	Contorno Tapa circular

SOPORTE RESORTE RH – ENSAMBLE 010D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
10D.1	Tapa circular superior
10D.2	Soporte hacia el Chasis
10D.3	Soporte hacia el Chasis
10D.4	Contorno Tapa circular
SOPORTE TRANSMISIÓN INFERIOR – ENSAMBLE 011D	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
11D.1	Soporte principal
11D.2	Refuerzo
11D.3	Refuerzo
11D.4	Refuerzo

Fuente: Alejandro Salazar

Un detalle de las piezas de la suspensión de la parte delantera se describe a continuación:

Tabla 2.2 Base cilindro hidráulico LH – ENSAMBLE 001D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1D.1	Lateral de Base
1D.2	Lateral de Base
1D.3	Central Base

Fuente: Alejandro Salazar

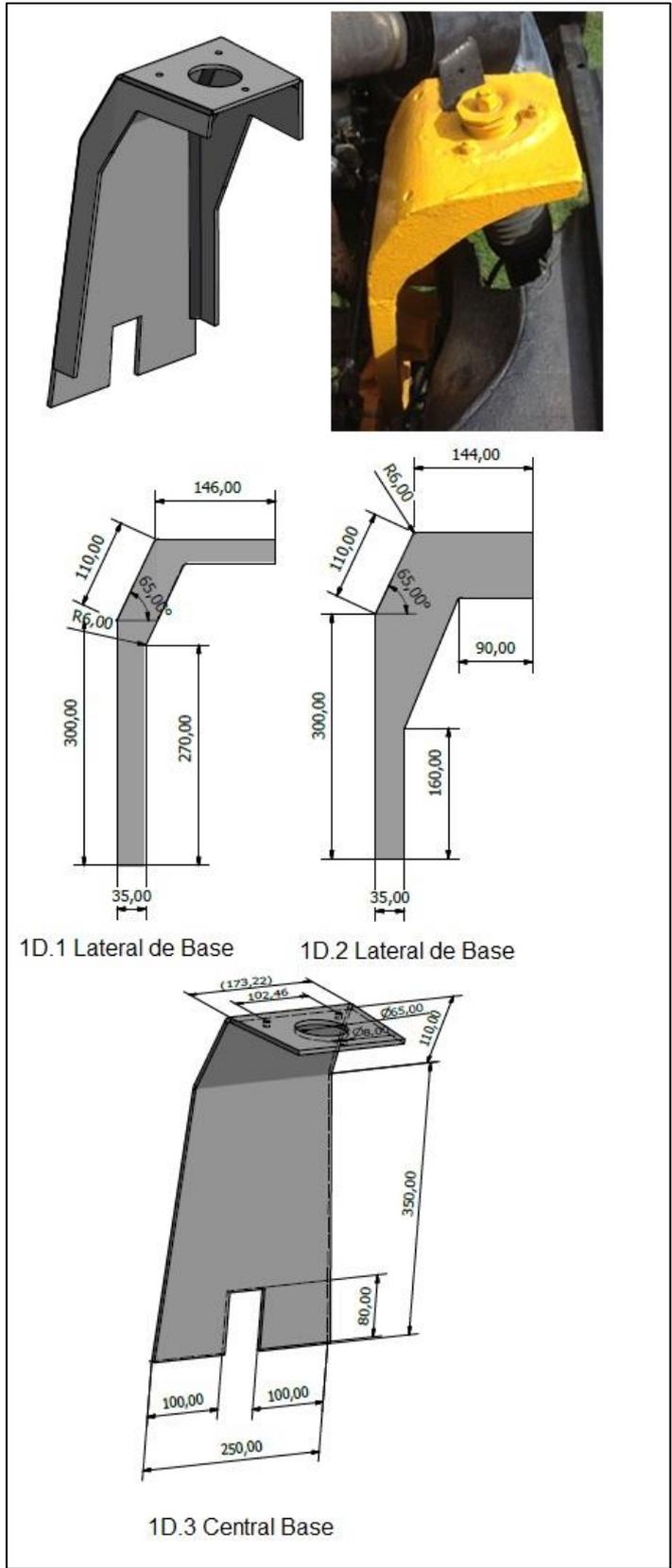


Gráfico 2.3. Base cilindro hidráulico LH-ensamble 001D

Fuente: Alejandro Salazar

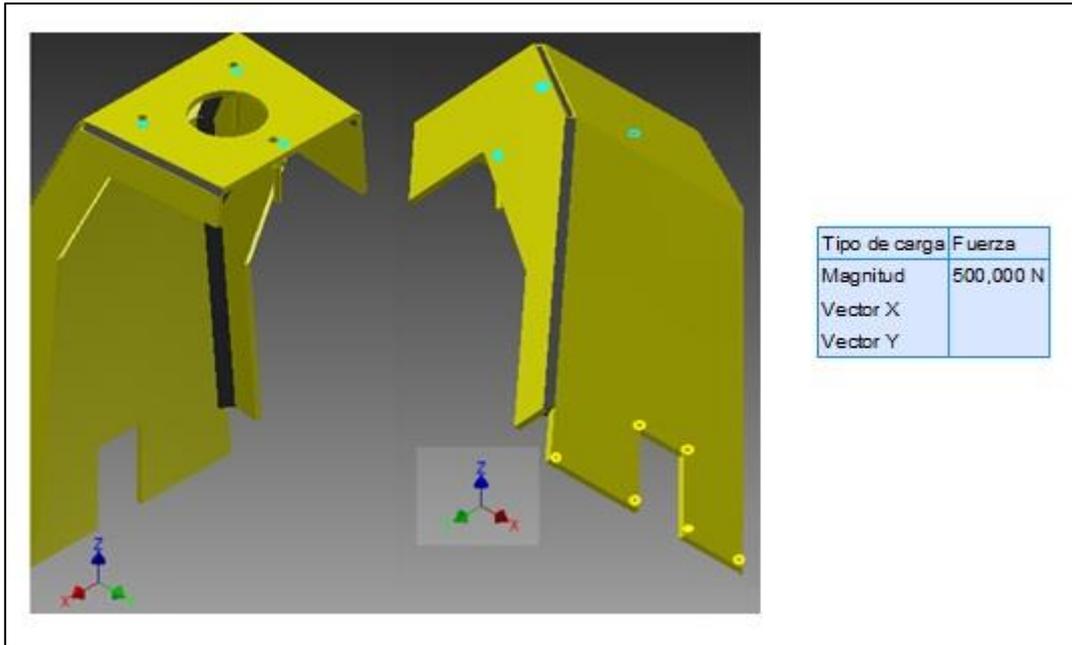


Gráfico 2.4 Puntos de esfuerzo base cilindro hidráulico 1H – ensamble 001D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.3 Base cilindro hidráulico RH – ENSAMBLE 002D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
2D.1	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.
2D.2	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.
2D.3	Central Base	Es el soporte de la base del cilindro hidráulico, aquí es donde ejerce presión el cilindro hidráulico, y como esta soldado al chasis del vehículo al momento de accionarlo sube la carrocería y empuja los neumáticos con mayor presión hacia el piso.

Fuente: Alejandro Salazar

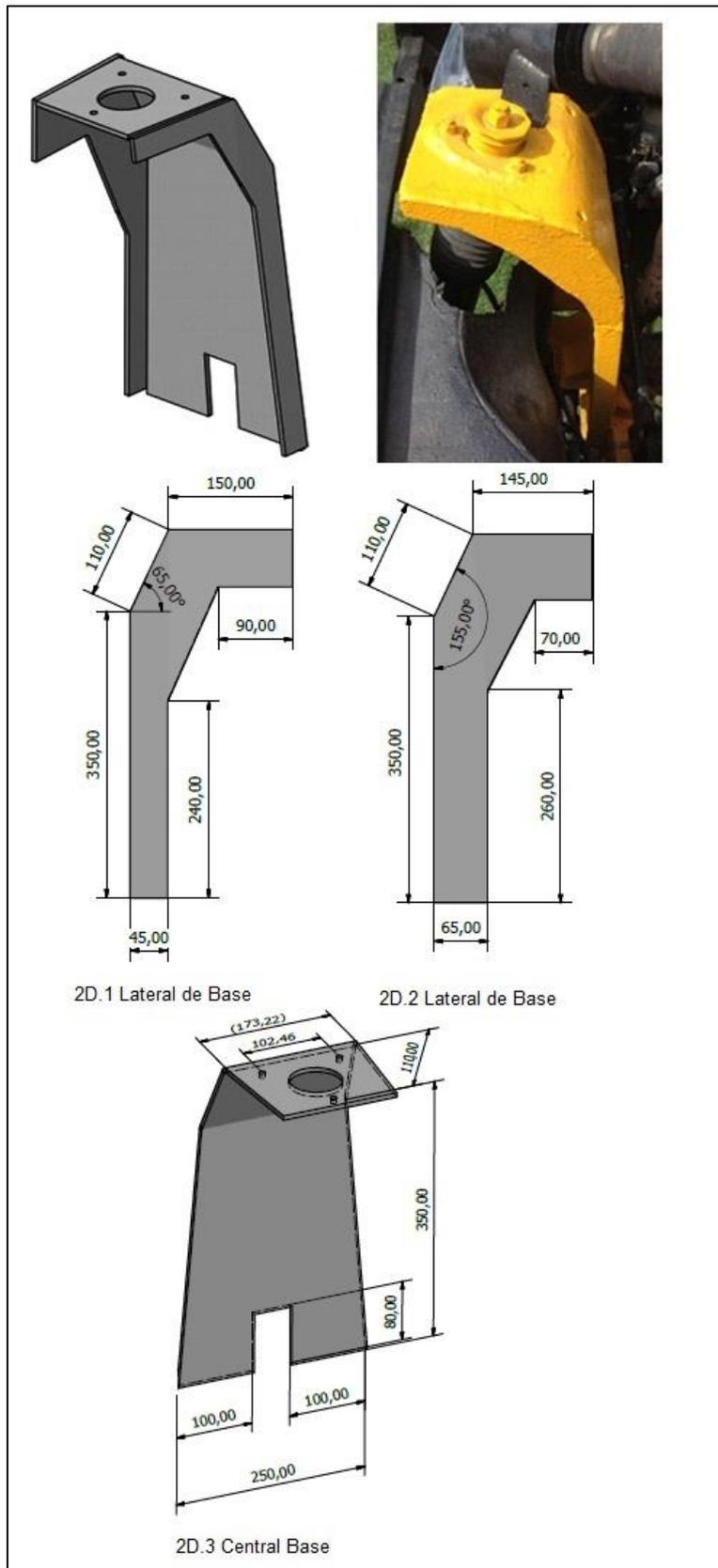


Gráfico 2.5 Base cilindro hidráulico RH – ENSAMBLE 002D

Fuente: Alejandro Salazar

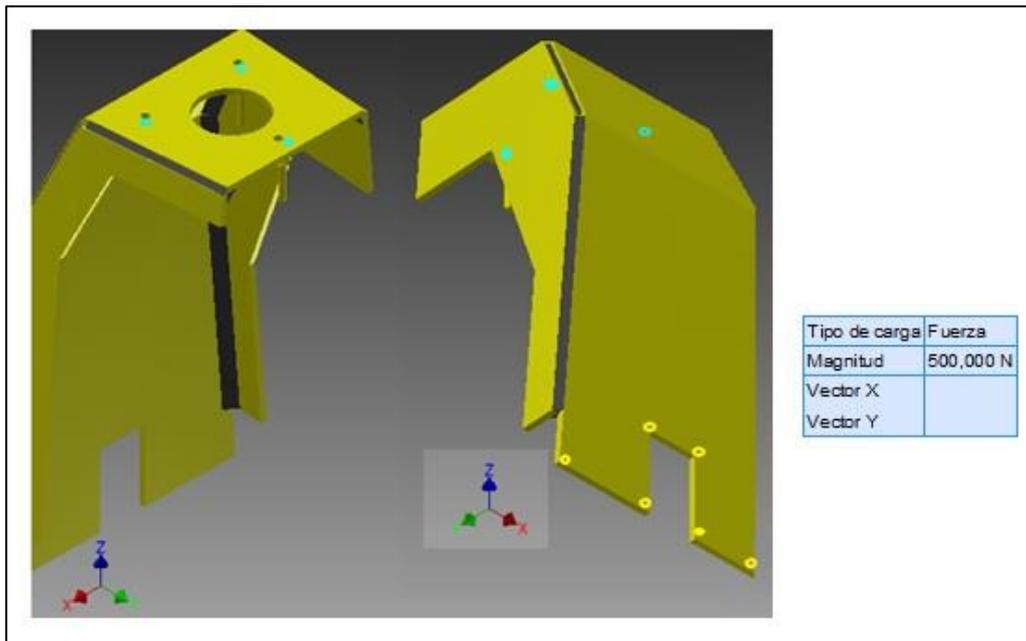


Gráfico 20 Puntos de esfuerzo base cilindro hidráulico RH – ensamble 002D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.4 Soporte eje de transmisión RH – ENSAMBLE 003D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
3D.1	Lateral soporte perno	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión.
3D.2	Lateral Soporte perno	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión
3D.3	Tapa superior	Refuerzo del semicubo superior
3D.4	Tapa Lateral	Refuerzo del semicubo Lateral

Fuente: Alejandro Salazar

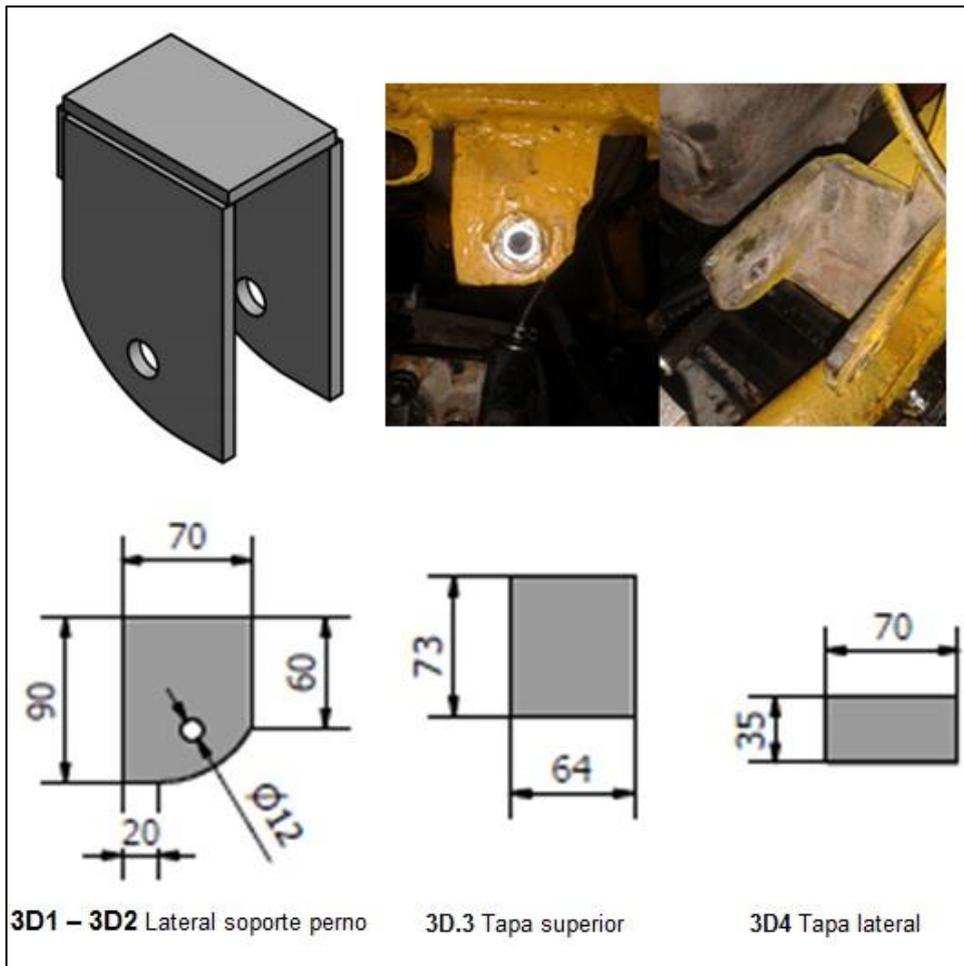


Gráfico 2.7 Soporte eje de transmisión RH – ENSAMBLE 003D

Fuente: Alejandro Salazar

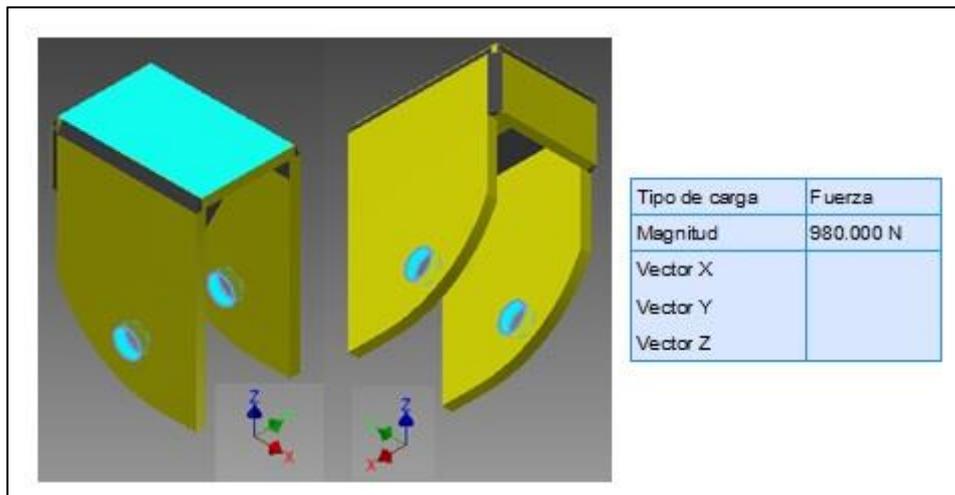


Gráfico 2.8 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión RH – Ensamble 003D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.5 Soporte eje de transmisión LH – ENSAMBLE 004D 1 LH

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
4D 1 LH.1	Soporte perno lateral	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión
4D 1 LH .2	Soporte perno lateral	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión
4D 1 LH.3	Tapa Lateral	Refuerzo del semicubo lateral
4D 1 LH.4	Tapa superior	Refuerzo del semicubo superior

Fuente: Alejandro Salazar

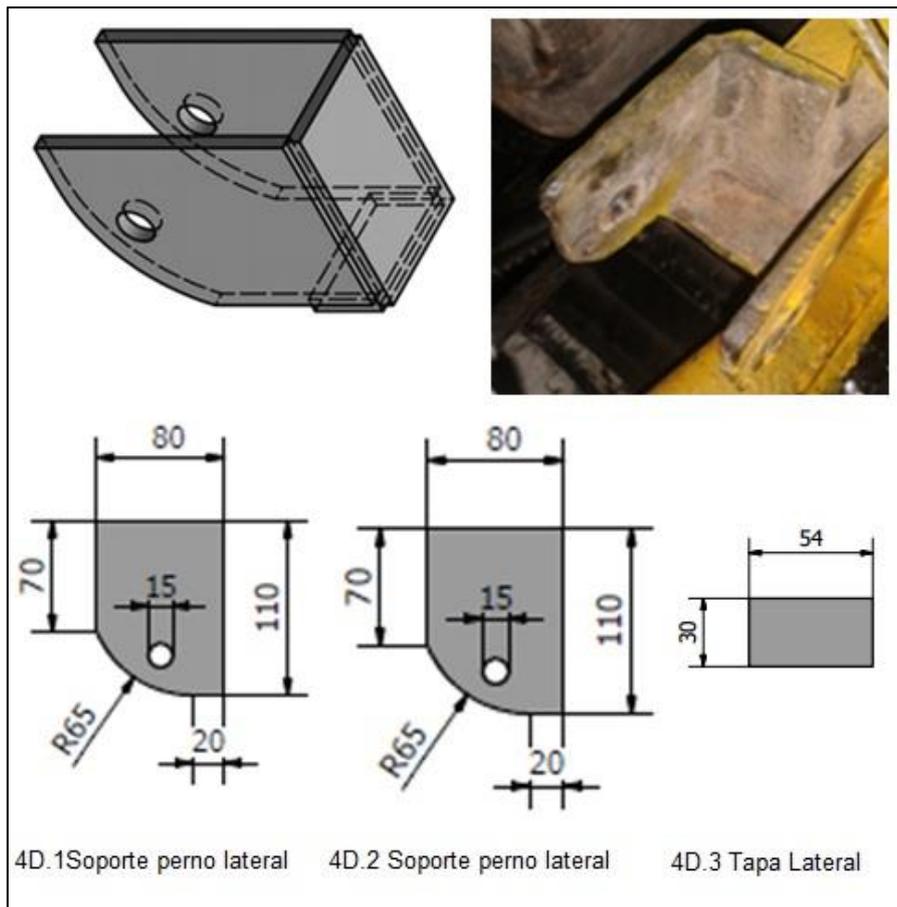


Gráfico 2.9 Planos soporte eje de transmisión LH – Ensamble 004D 1 LH

Fuente: Alejandro Salazar

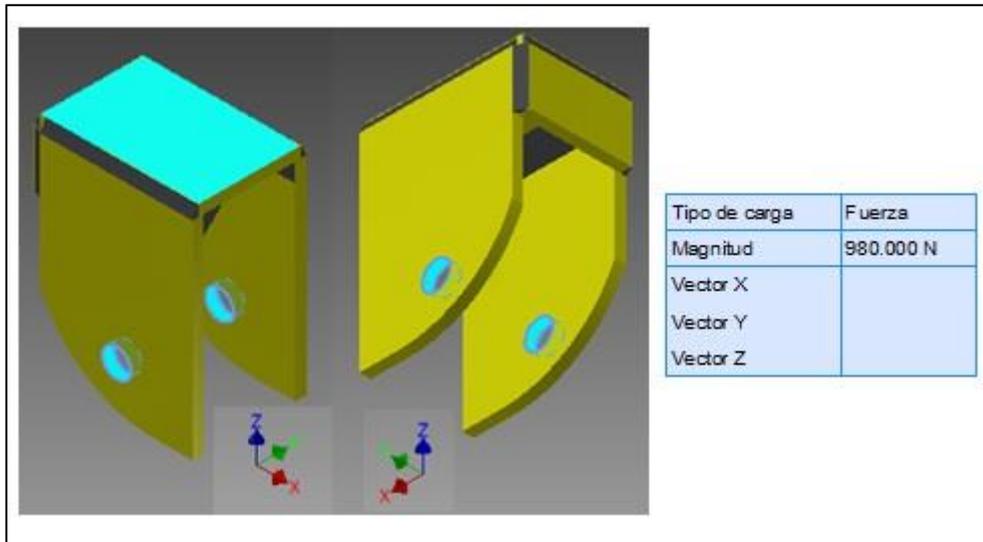


Gráfico 2.10 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión LH–ensamble 004D 1LH

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.6 Soporte eje de transmisión LH – ENSAMBLE 004D 2 LH

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
4D 2 LH.1	Soporte 4 pernos hacia la transmisión	Esta pieza va acoplada a la transmisión con 4 pernos y la base de la transmisión.
4D 2 LH.2	Tapas lateral	Refuerzo para no deformación de la pieza 4D.5
4D 2 LH.3	Tapa lateral	Refuerzo para no deformación de la pieza 4D.5
4D 2 LH.1	Soporte 2 pernos hacia la transmisión	Esta pieza va acoplada a la transmisión con 2 pernos y la base de la transmisión.

Fuente: Alejandro Salazar

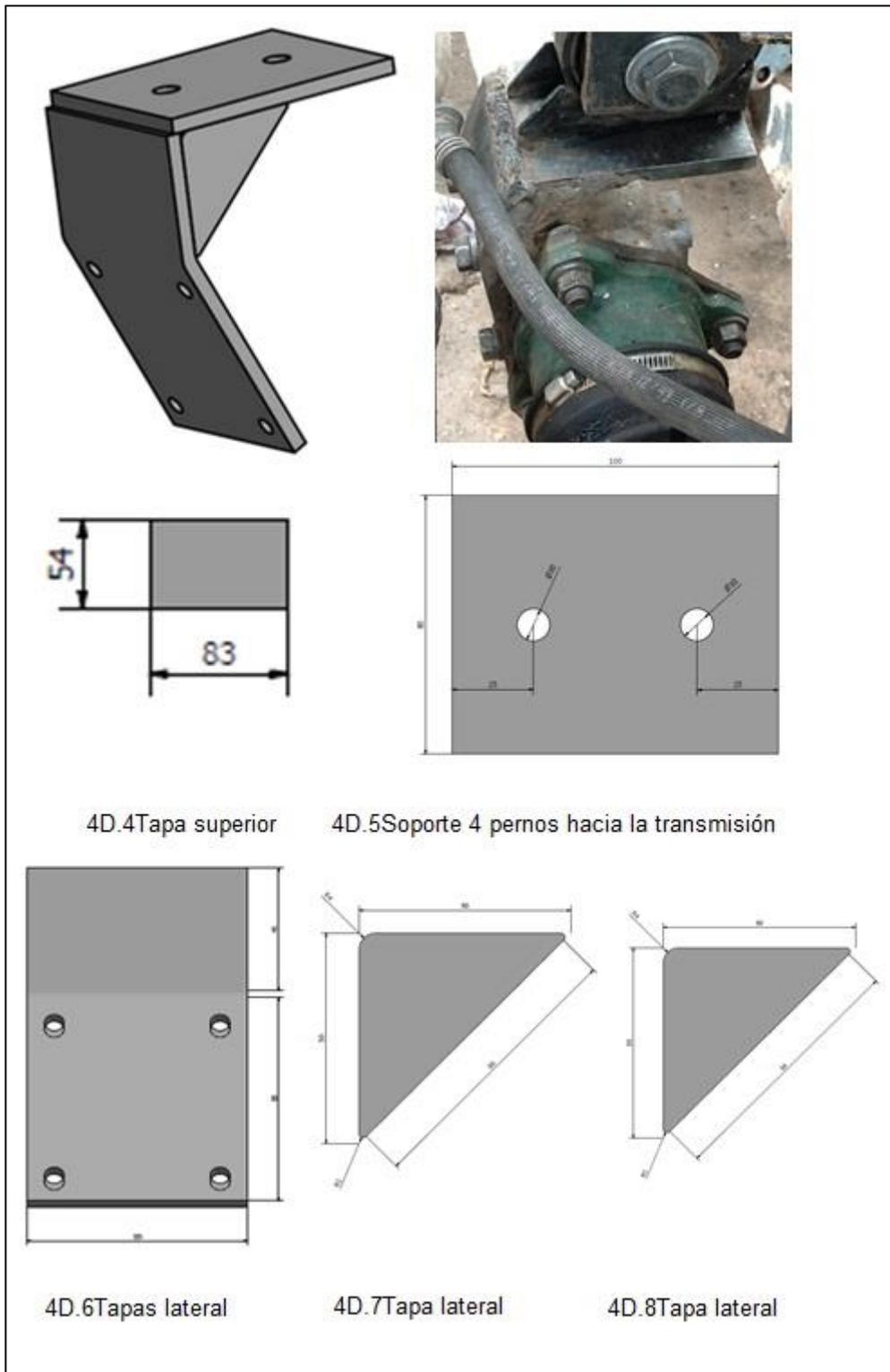


Gráfico 2.11 Planos soporte eje de trasmisión LH – ENSAMBLE 004D 2 LH

Fuente: Alejandro Salazar

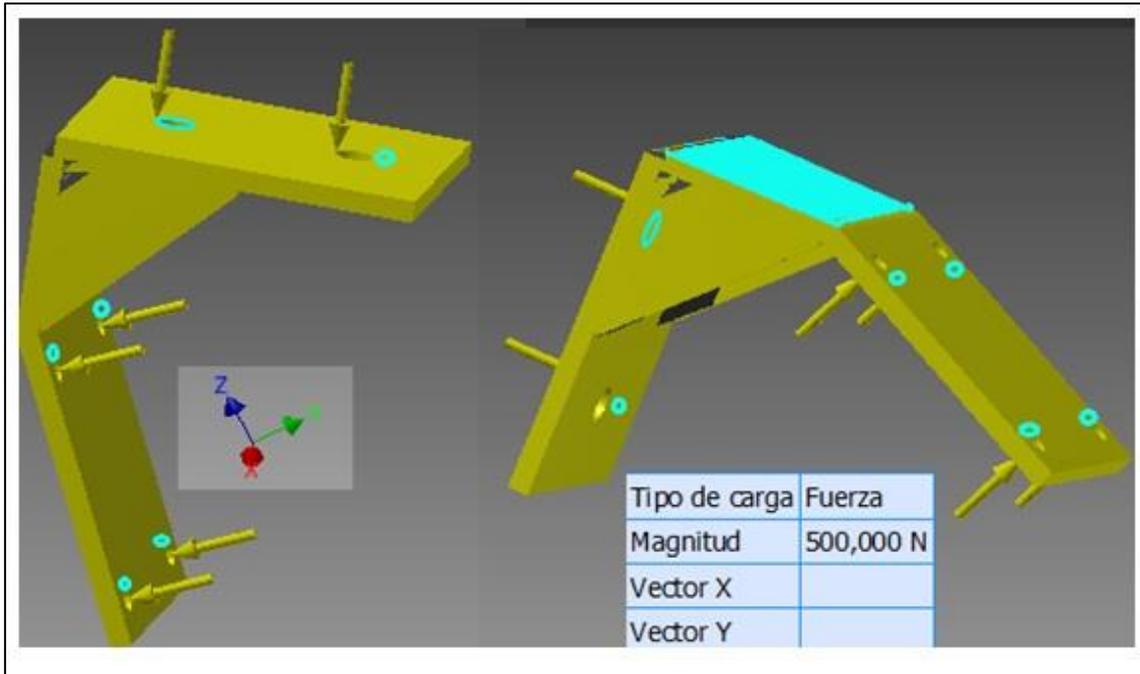


Gráfico 2.12 Puntos de esfuerzo Soporte eje de transmisión LH–ensamble 004D 2LH

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.7 Soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 005D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
5D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión
5D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 5D.1, con el chasis.

Fuente: Alejandro Salazar

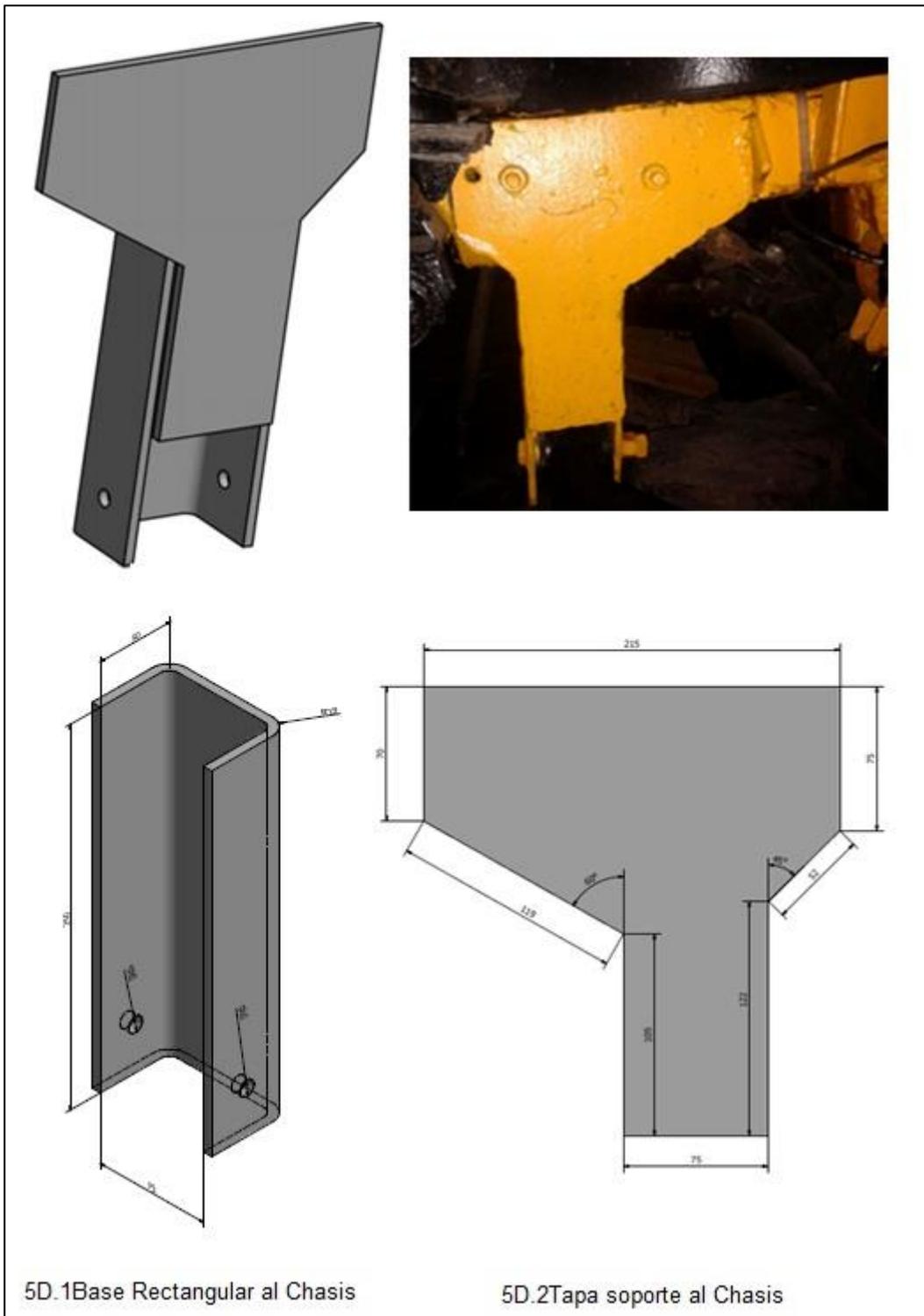


Gráfico 2.13 Planos soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 005D

Fuente: Alejandro Salazar

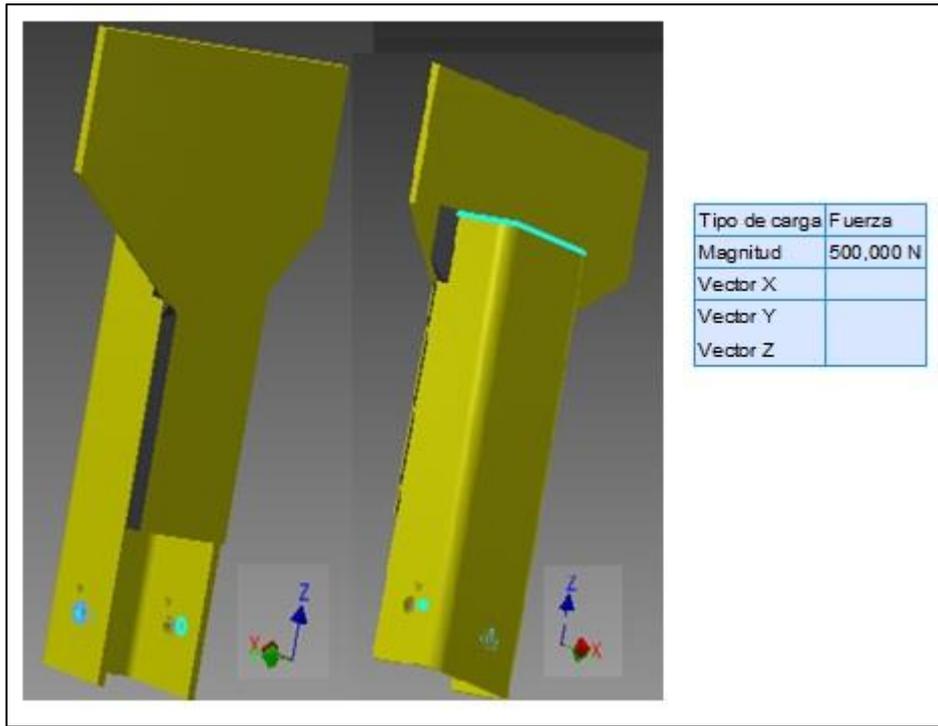


Gráfico 2.14 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente motor –Ensamble 005D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.8 Soporte mesa delantera RH frente caja – ENSAMBLE 006D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
6D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión
6D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 6D.1, con el chasis.

Fuente: Alejandro Salazar

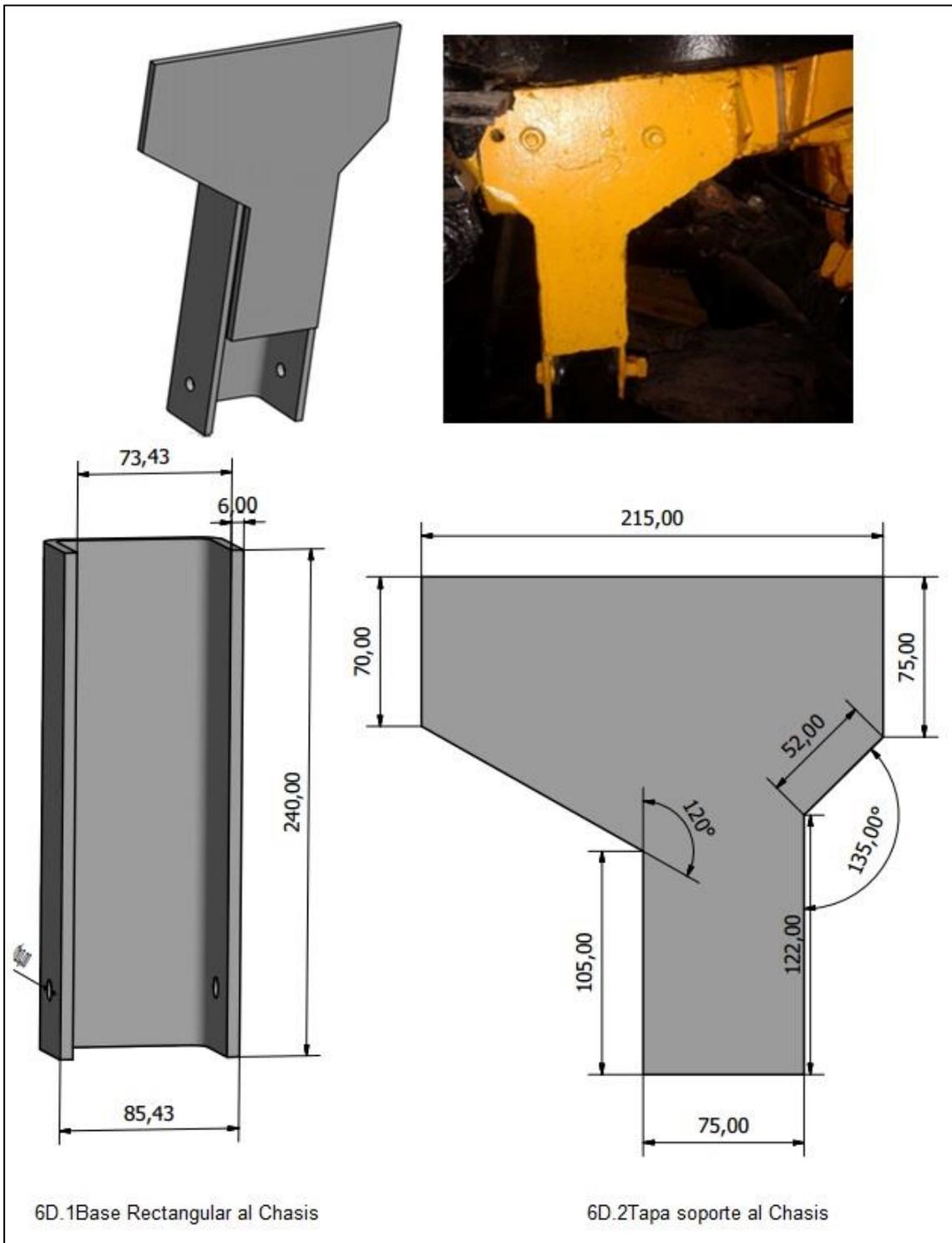


Gráfico 2.15 Planos soporte mesa delantera RH frente caja – ensamble 006D

Fuente: Alejandro Salazar

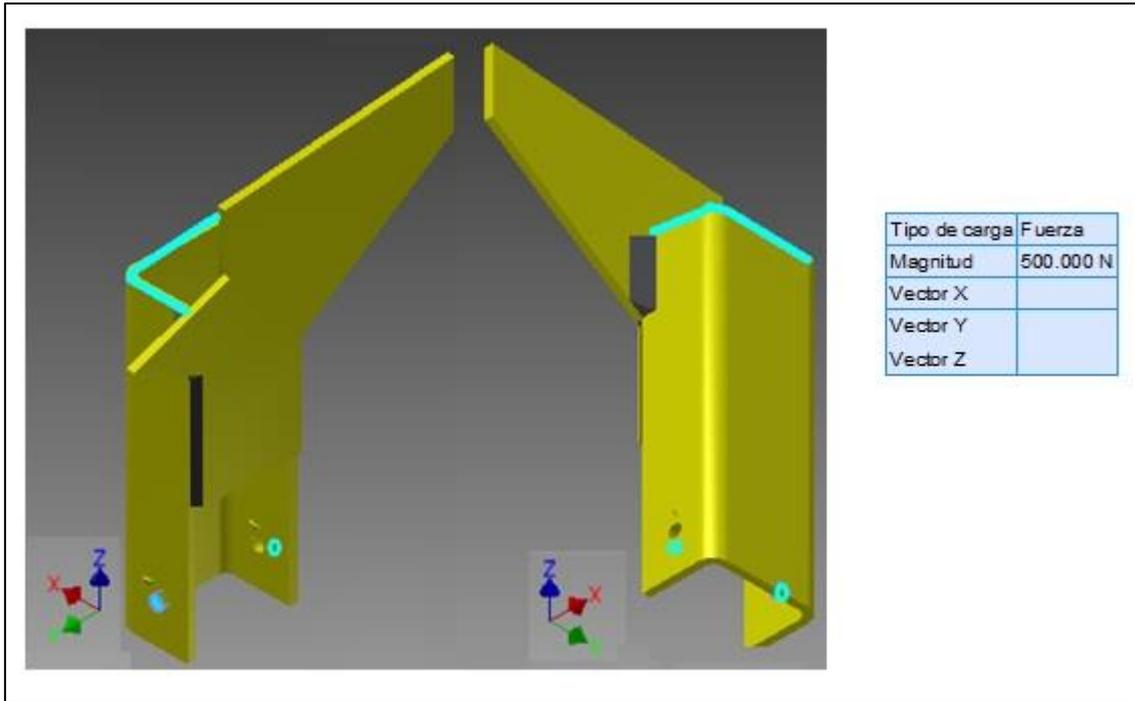


Gráfico 2.16 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente caja – Ensemble 006D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.9 Soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 007D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
7D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión
7D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 5D.1, con el chasis.

Fuente: Alejandro Salazar

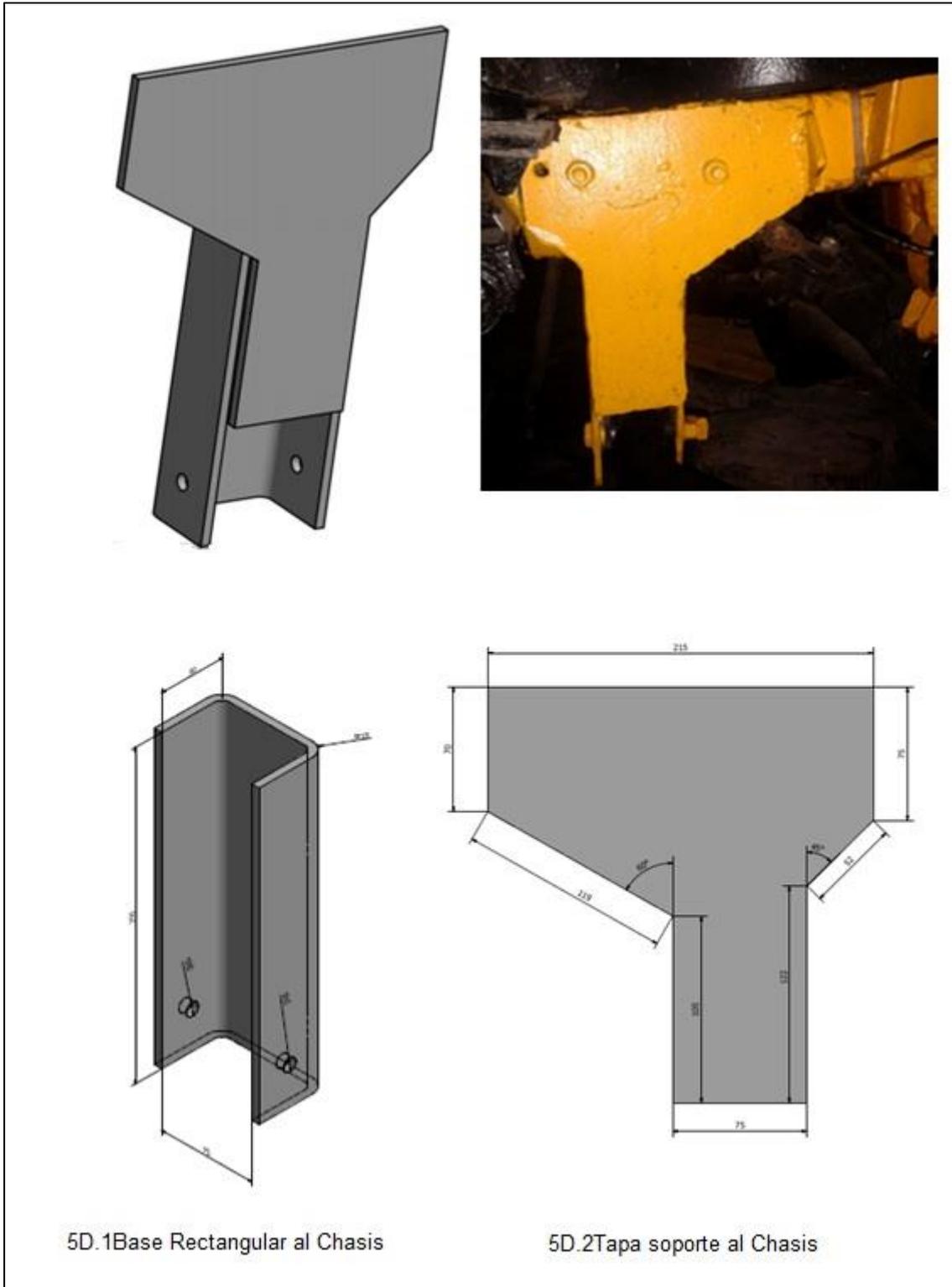


Gráfico 2.17 Planos soporte mesa delantera RH frente motor – ENSAMBLE 007D

Fuente: Alejandro Salazar

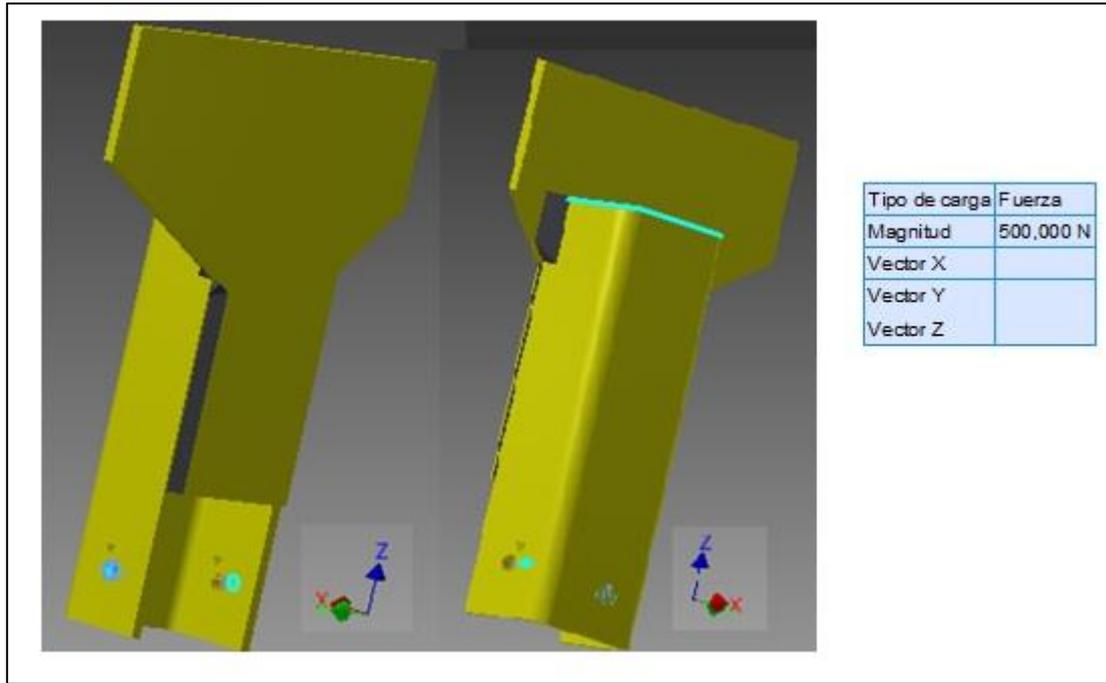


Gráfico 2.18 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera RH frente motor ensamble 007D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.10 Soporte mesa delantera LH frente caja – ENSAMBLE 008D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
8D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión
8D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 8D.1, con el chasis.

Fuente: Alejandro Salazar

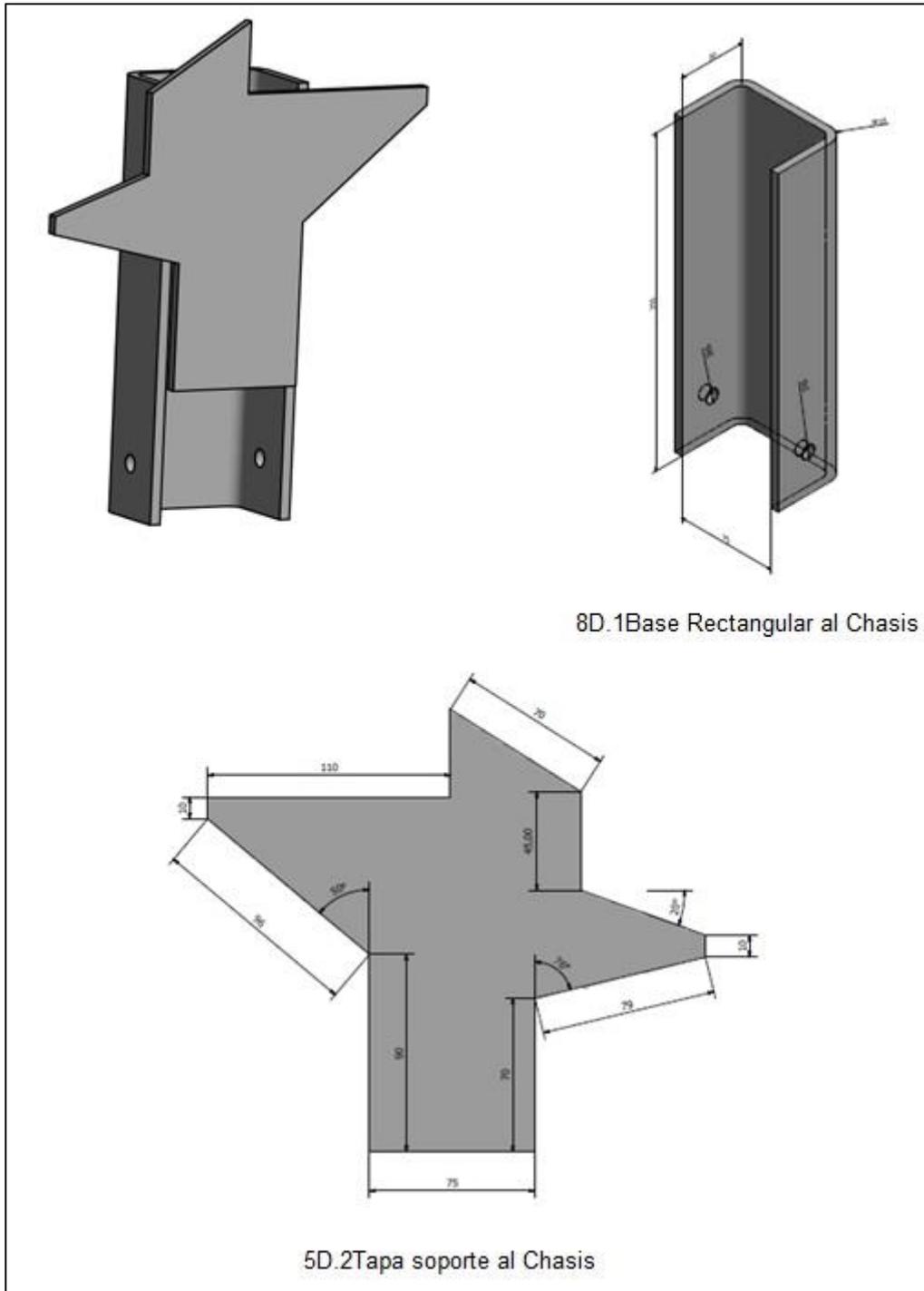


Gráfico 2.19 Planos soporte mesa delantera LH frente caja – ENSAMBLE 008D

Fuente: Alejandro Salazar

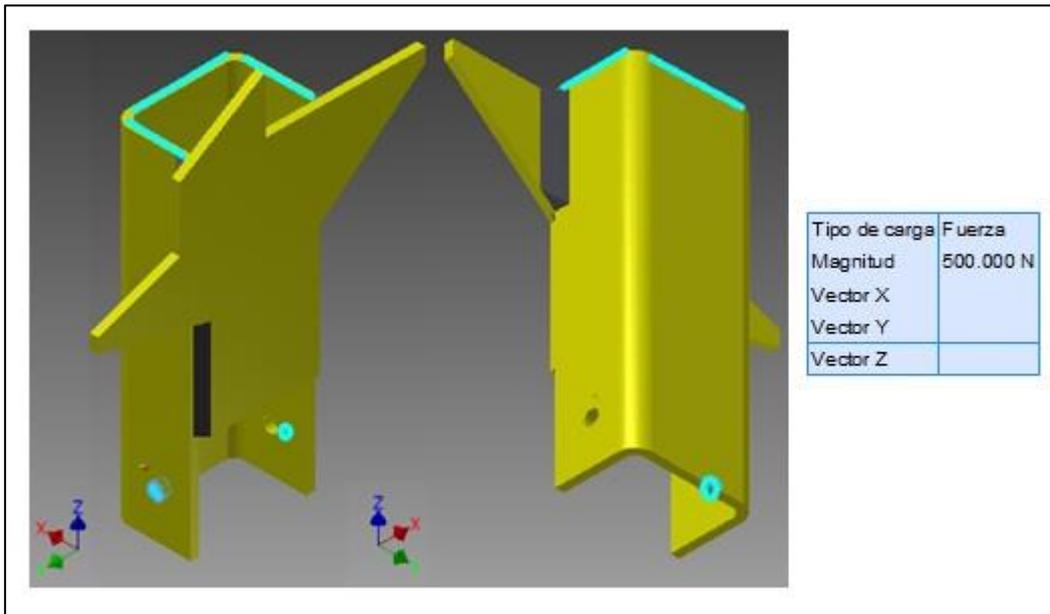


Gráfico 2.20 Puntos de esfuerzo soporte mesa delantera LH frente caja – ensamble

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.11 Soporte resorte LH – ENSAMBLE 009D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
9D.1	Tapa circular superior	Esta parte de la pieza es la que soporta los esfuerzos del muelle o resorte de suspensión
9D.2	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo
9D.3	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo
9D.4	Contorno Tapa circular	Esta pieza ayuda a que el resorte se encuentre centrado.

Fuente: Alejandro Salazar

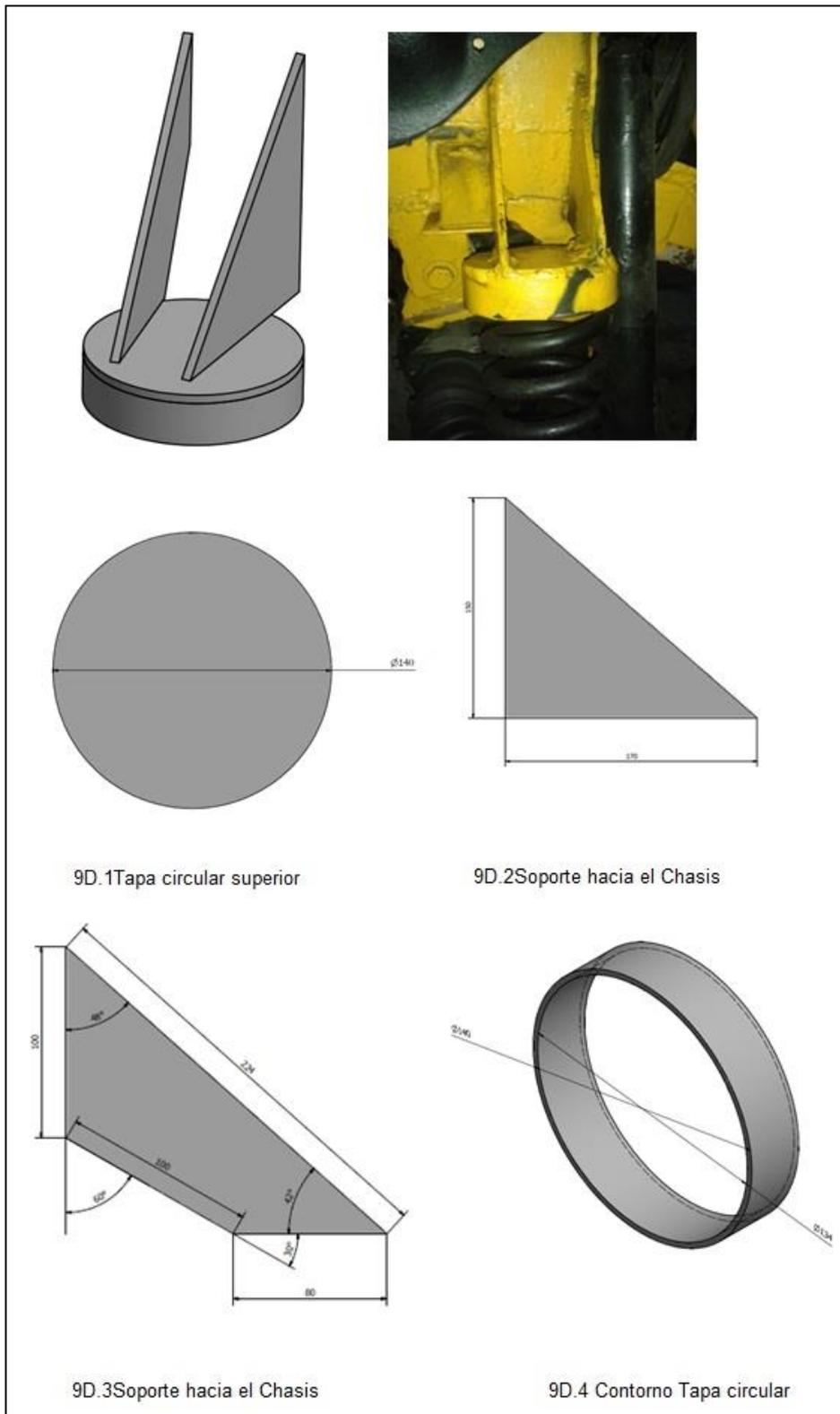


Gráfico 2.21 Planos soporte LH – ENSAMBLE 009D

Fuente: Alejandro Salazar

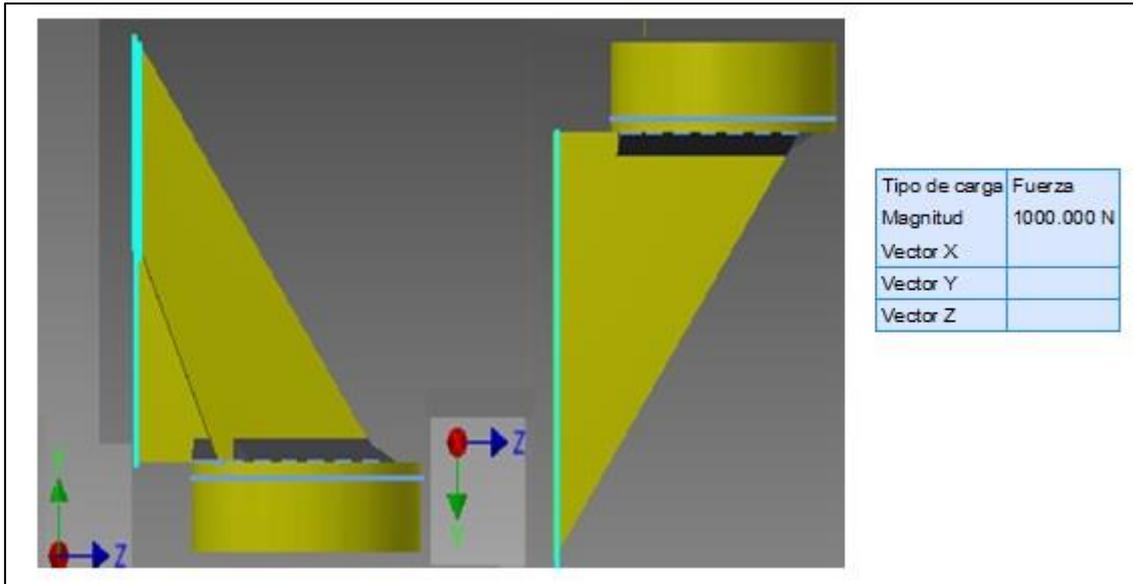


Gráfico 2.22 Puntos de esfuerzo soporte resorte LH – ensamble 009D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.12 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 010D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
10D.1	Tapa circular superior	Esta parte de la pieza es la que soporta los esfuerzos del muelle o resorte de suspensión
10D.2	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo
10D.3	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo
10D.4	Contorno Tapa circular	Esta pieza ayuda a que el resorte se encuentre centrado.

Fuente: Alejandro Salazar

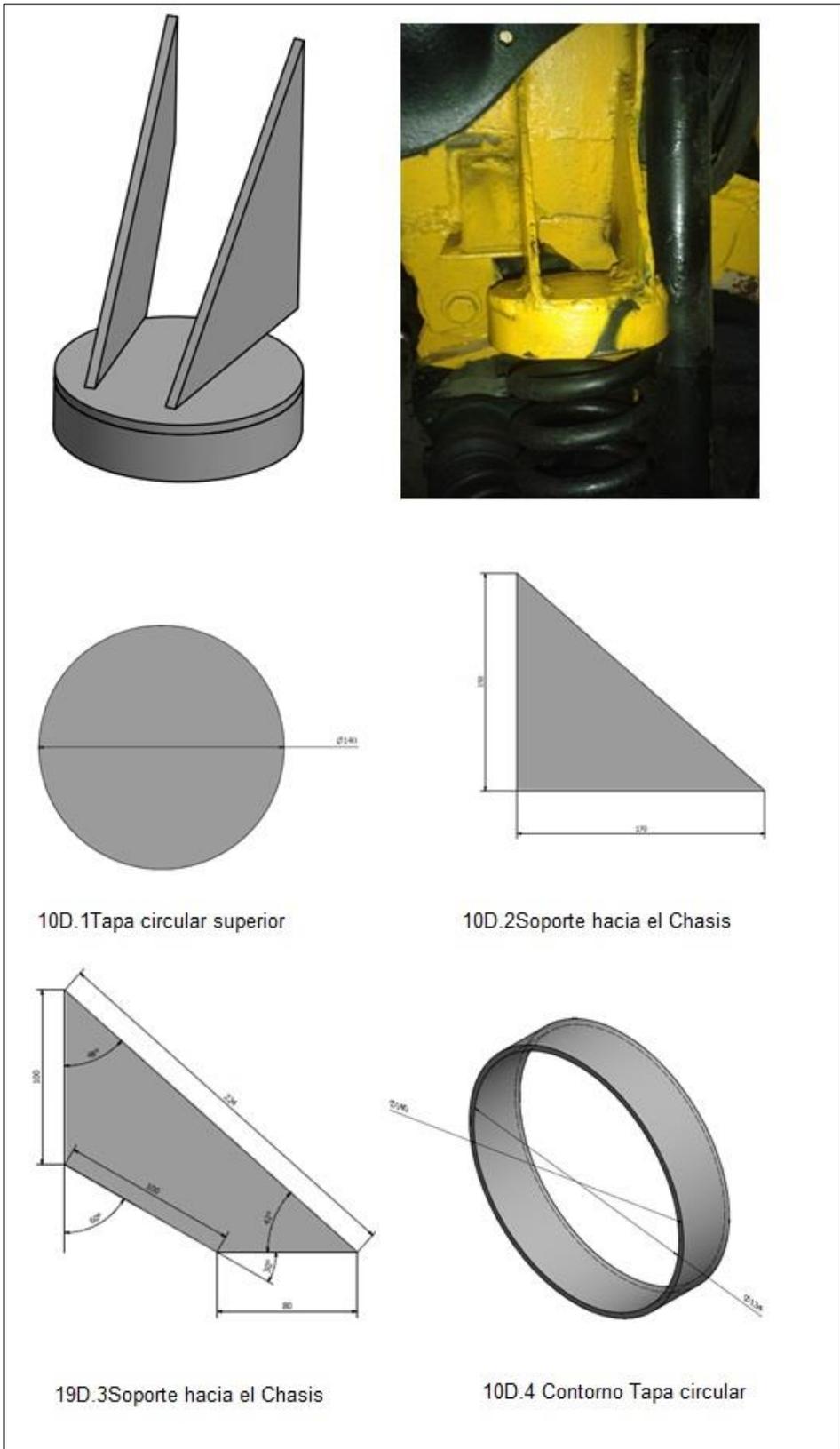


Gráfico 2.23 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 010D

Fuente: Alejandro Salazar

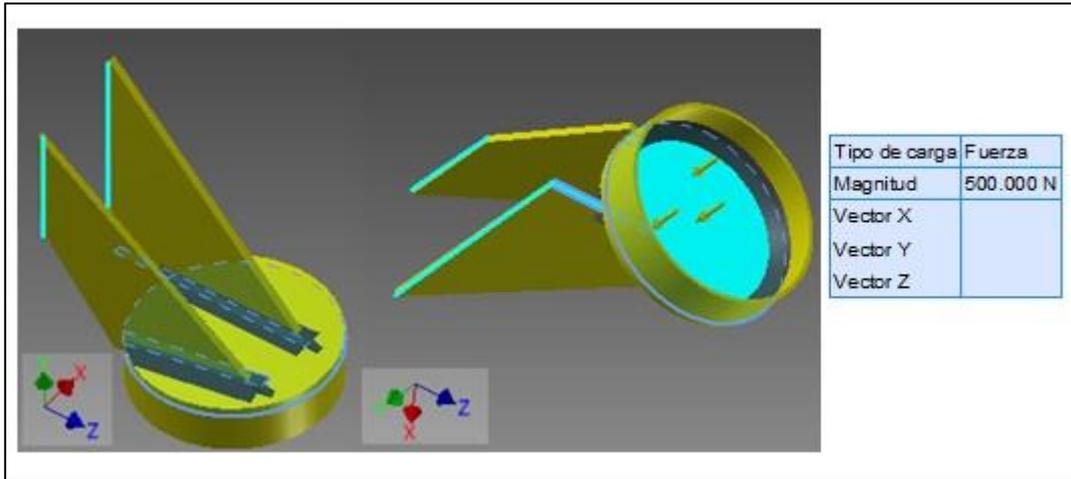


Gráfico 21 Puntos de esfuerzo soporte resorte LH – ensamble 0010 D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 2.13 Soporte transmisión inferior – ENSAMBLE 011D

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
11D.1	Soporte principal	Base que soporta el cono de la transmisión, y los esfuerzos del cardan de transmisión
11D.2	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.
11D.3	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.
11D.4	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.

Fuente: Alejandro Salazar

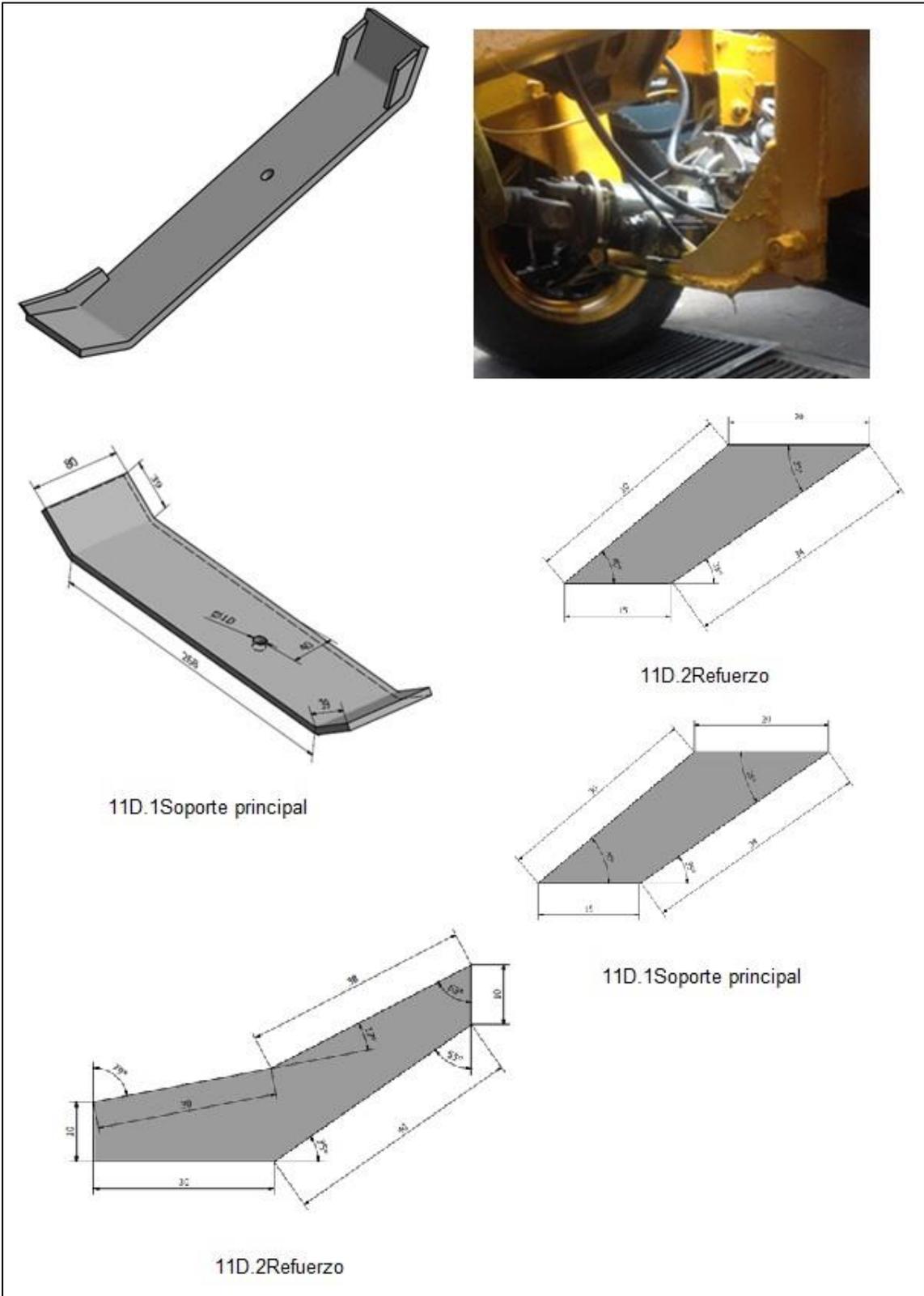


Gráfico 2.25 Planos soporte transmisión inferior-ENSAMBLE 011D

Fuente: Alejandro Salazar

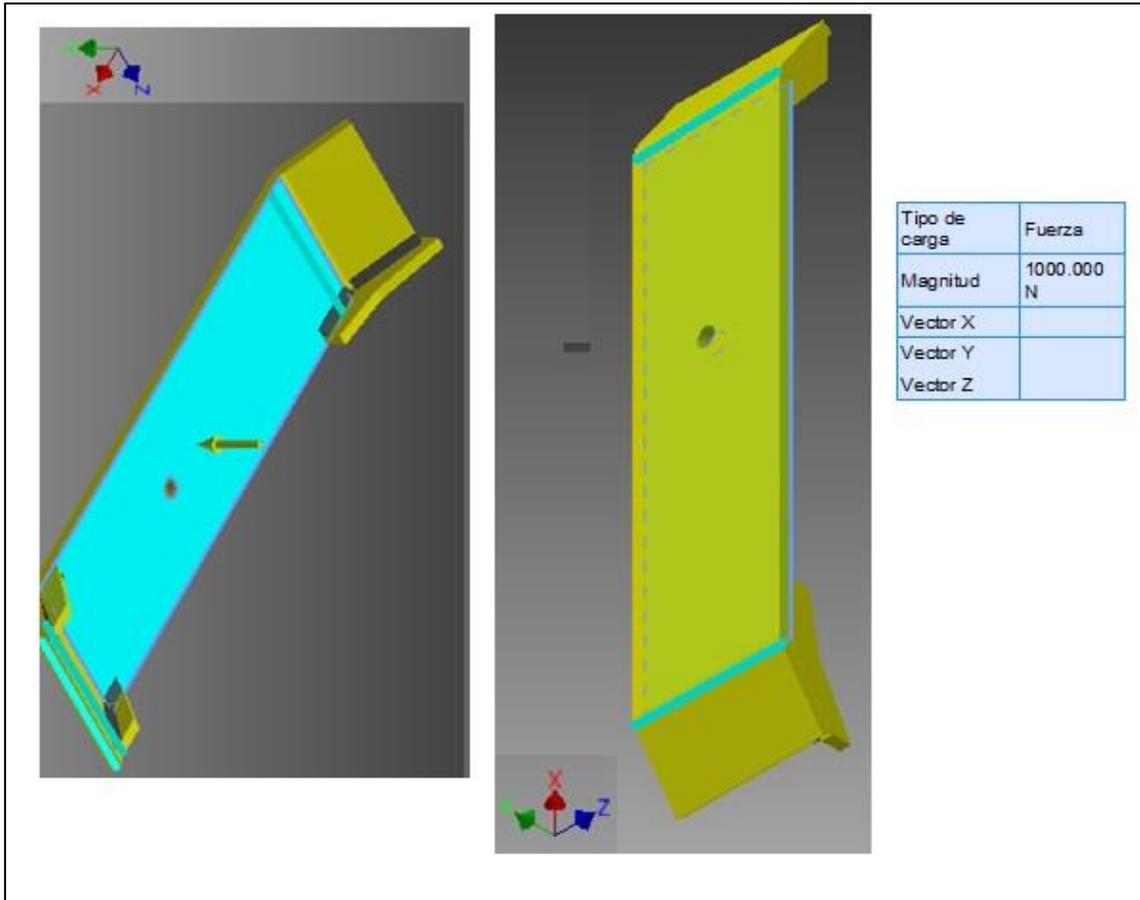


Gráfico 2.26 Puntos de esfuerzo soporte transmisión inferior – ensamble 011D

Fuente: Planos y cálculos en Inventor

Elaborado por: Alejandro Salazar

2.3.2. Suspensión parte posterior

Tabla 2.141 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1P.1	SOPORTE PRINCIPAL
1P.2	REFUERZO LATERAL
1P.3	REFUERZO LATERAL
1P.4	CILINDRO BASE RESORTE
SOPORTE RESORTE RH – ENSAMBLE 002P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
2P.1	SOPORTE PRINCIPAL

2P.2	REFUERZO LATERAL
2P.3	REFUERZO LATERAL
2P.4	CILINDRO BASE RESORTE
SOPORTE AMORTIGUADOR LH – ENSAMBLE 003P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
3P.1	SOPORTE PRINCIPAL
3P.2	REFUERZO LATERAL
3P.3	REFUERZO LATERAL
SOPORTE AMORTIGUADOR LH – ENSAMBLE 004P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
4P.1	4SOPORTE PRINCIPAL
4P.2	REFUERZO LATERAL
4P.3	REFUERZO LATERAL
SOPORTE BARRA TENSORA FUERA LH – ENSAMBLE 005P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
5P.1	SOPORTE PERNO LATERAL
5P.2	SOPORTE PERNO LATERAL
5P.3	BASE SUPERIOR
SOPORTE BARRA TENSORA FUERA RH – ENSAMBLE 006P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
6P.1	SOPORTE PERNO LATERAL
6P.2	SOPORTE PERNO LATERAL
6P.3	BASE SUPERIOR
SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO LH – ENSAMBLE 007P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
7P.1	U SOPORTE BARRA
7P.2	REFUERZO SUPERIOR
SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO RH – ENSAMBLE 008P	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN

8P.1	U SOPORTE BARRA
8P.2	REFUERZO SUPERIOR
SOPORTE CENTRAL EJE TRANSMISION – ENSAMBLE 009P	
9P.1	U SOPORTE TENSOR
9P.2	U SOPORTE TENSOR
9P.3	BASE DE U BARAR TESNORA

Fuente: Alejandro Salazar

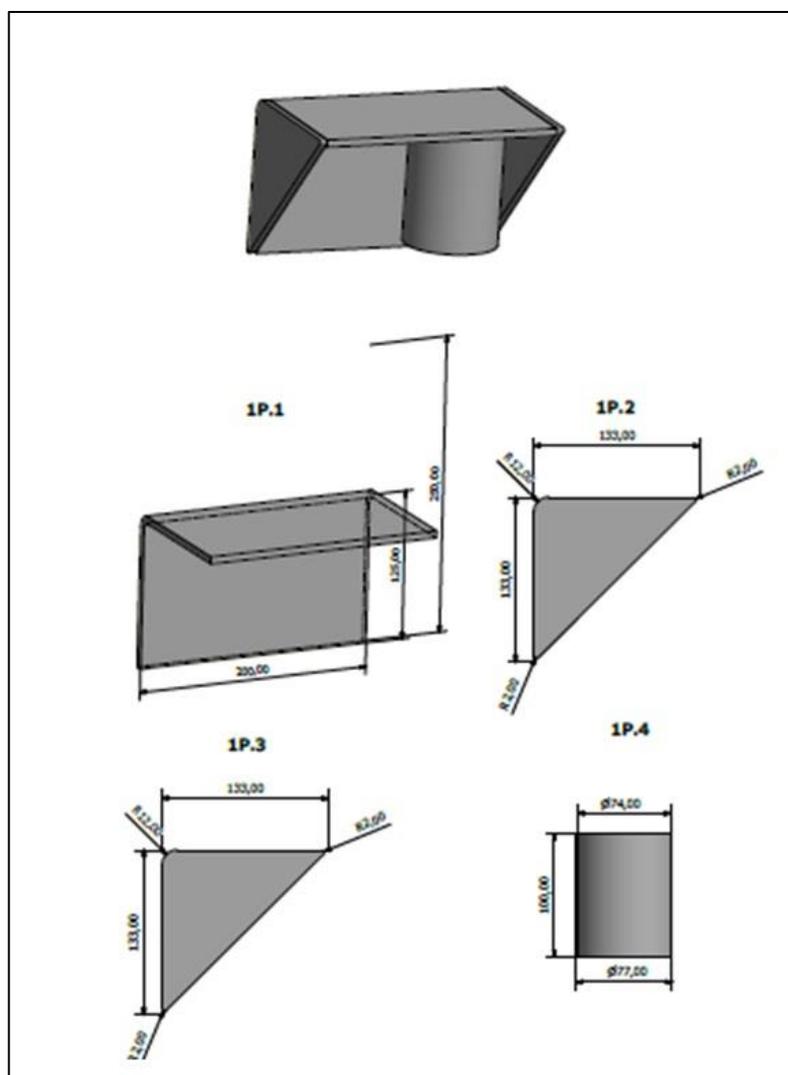


Gráfico 2.27 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.15 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
1P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es la que soporta los esfuerzos del resorte posterior
1P.2	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea más compacta.
1P.3	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea más compacta.
1P.4	CILINDRO BASE RESORTE	Este cilindro esta soldado en la mitad de la pieza 1P.1 para que el resorte este centrado y no pueda desviarse.

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 2.28 Soporte resorte E RH – ENSAMBLE 001P

Fuente: Alejandro Salazar

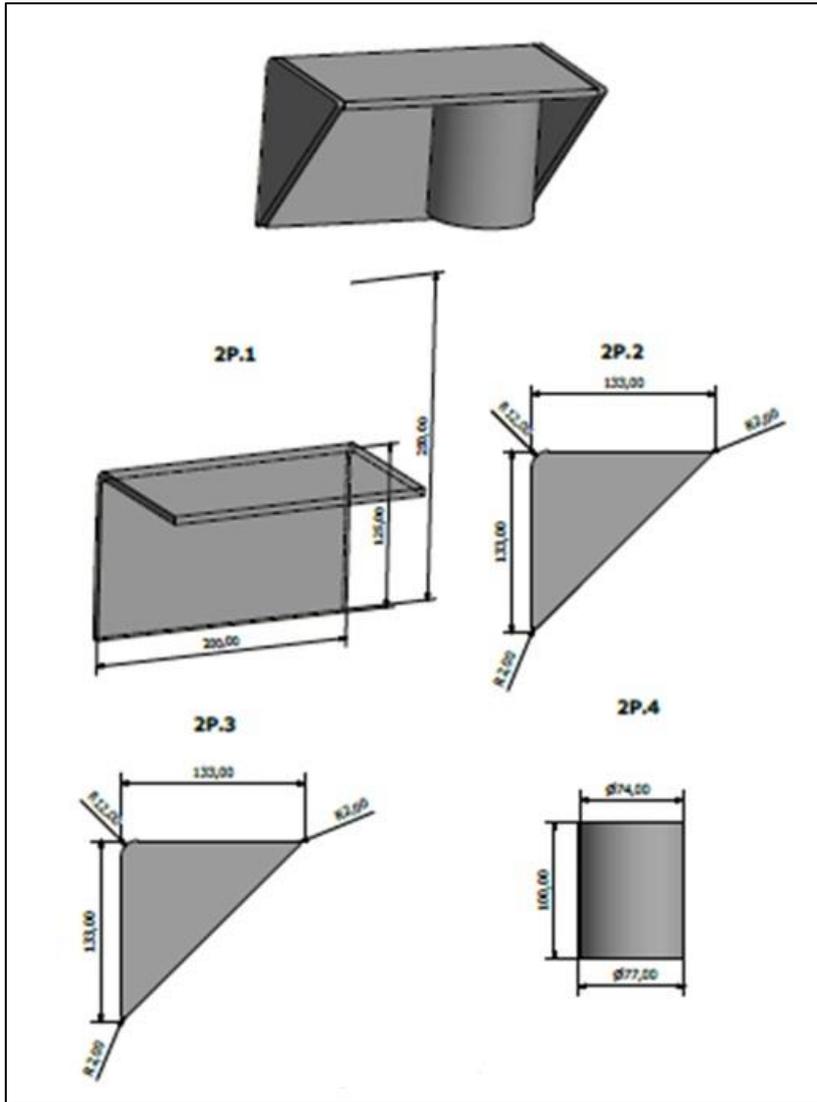


Gráfico 2.29 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 001P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.16 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
2P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es la que soporta los esfuerzos del resorte posterior
2P.2	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea más compacta.
2P.3	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea más compacta.
2P.4	CILINDRO BASE RESORTE	Este cilindro esta soldado en la mitad de la pieza 2P.1 para que el resorte este centrado y no pueda desviarse.

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 2.30 Soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P

Fuente: Alejandro Salazar

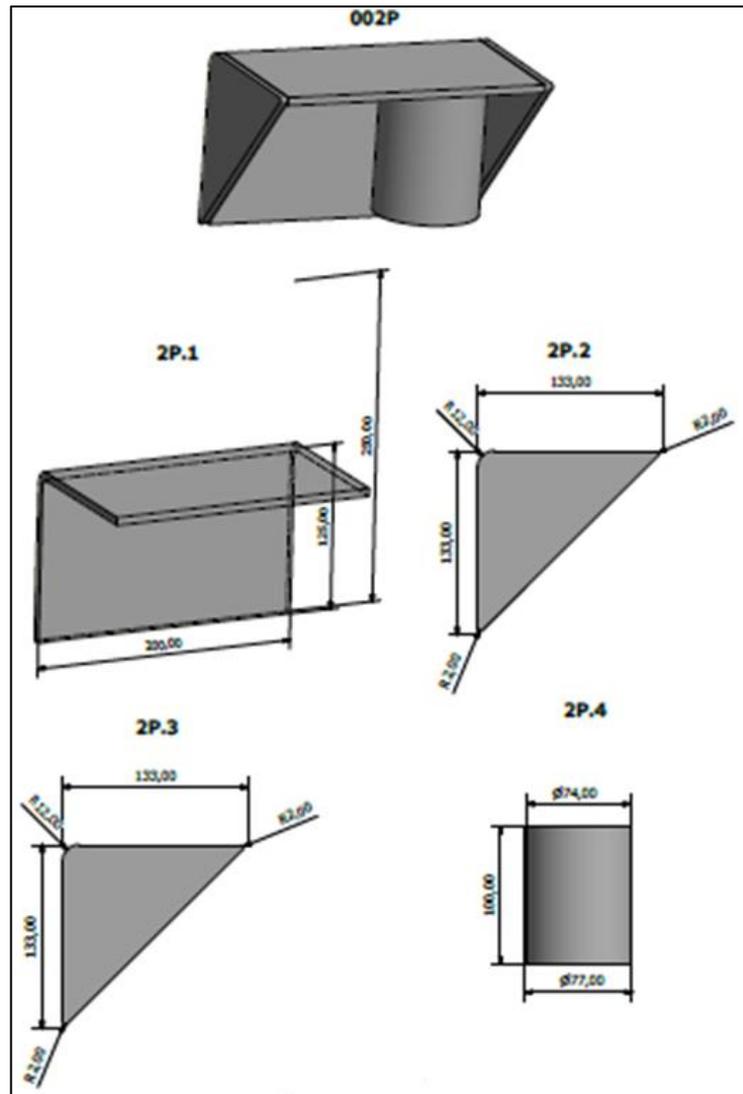


Gráfico 2.31 Planos soporte resorte RH – ENSAMBLE 002P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.17 Soporte barra tensora fuera LH – ENSAMBLE 005P

5P.1	SOPORTE PERNO LATERAL	Soporta el perno del tensor que centra la transmisión.
------	-----------------------------	---

Fuente: Alejandro Salazar

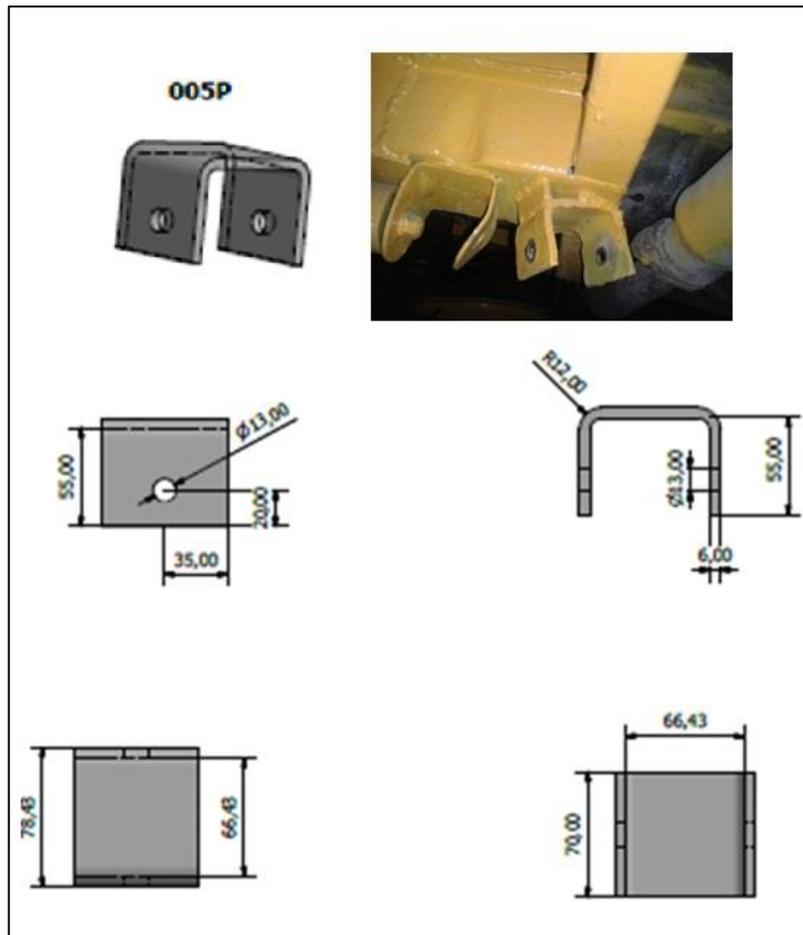


Gráfico 2.32 Planos soporte barra tensora fuera LH – ENSAMBLE 005P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.18 Soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P

6P.1	SOPORTE PERNO LATERAL	Soporta el perno del tensor que centra la transmisión.
------	-----------------------------	---

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 2.3322 Soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P

Fuente: Alejandro Salazar

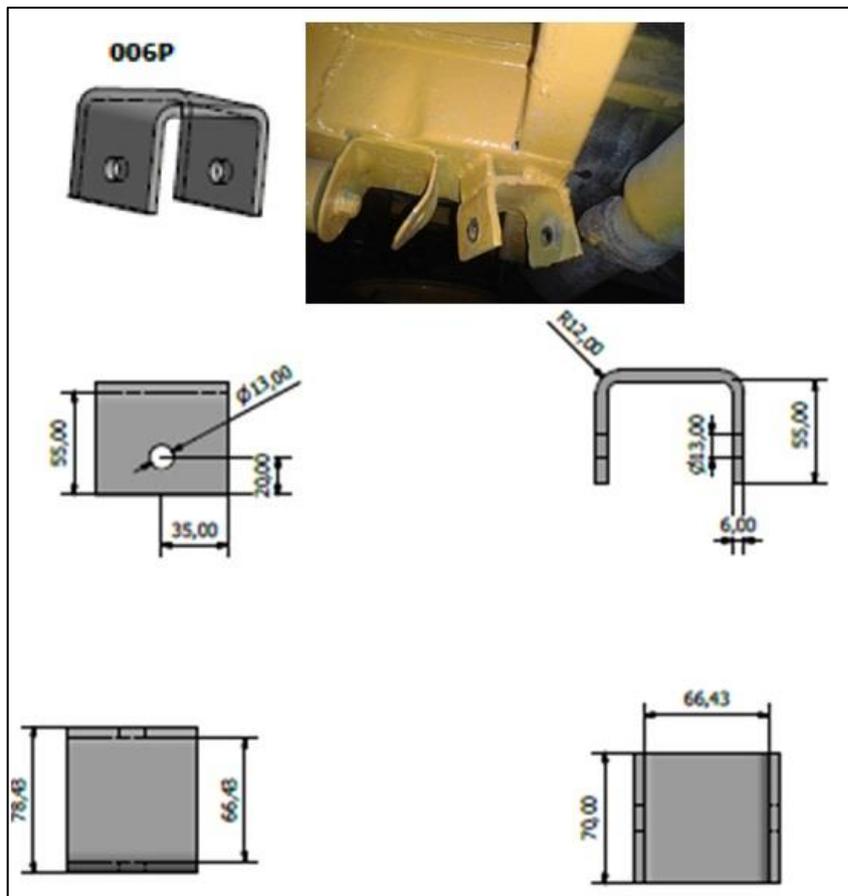


Gráfico 2.34 Planos soporte barra tensora fuera RH – ENSAMBLE 006P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.19 Soporte barra tensora dentro LH – ENSAMBLE 007P

7P.1		U SOPORTE BARRA	Soporte barra tensora va soldada al chasis
------	--	-----------------	--

Fuente: Alejandro Salazar

Esta pieza se construyó con acero al carbono A-36 de 6 mm de espesor

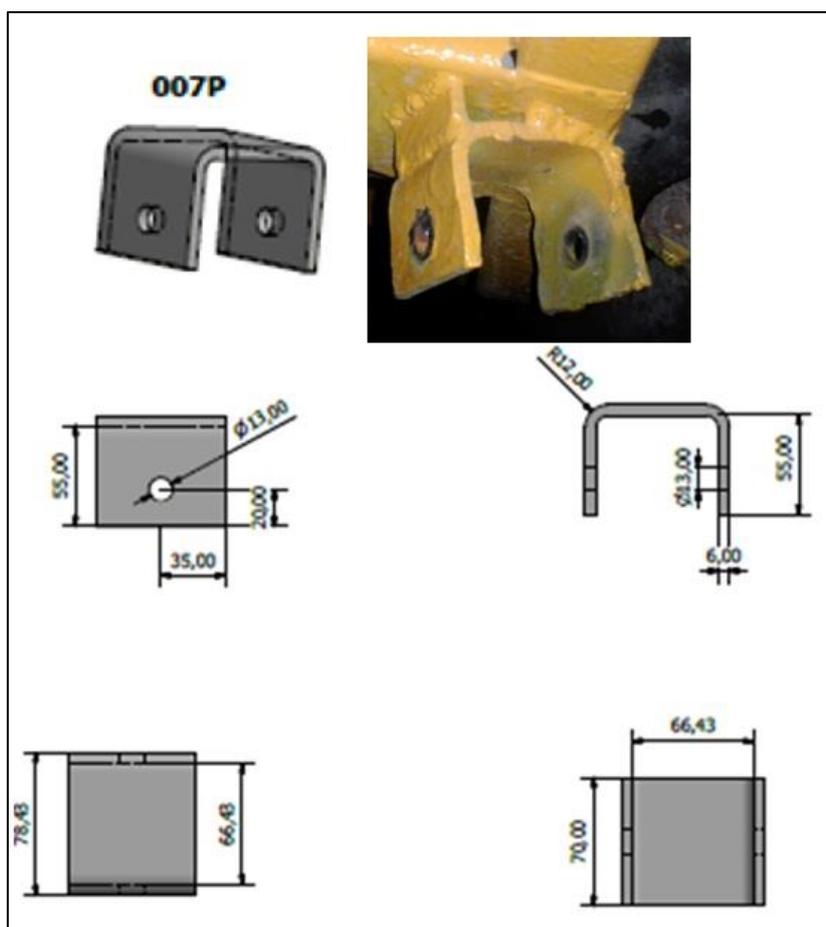


Gráfico 2.35 Planos soporte barra tensora dentro LH – ENSAMBLE 007P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.20 Soporte barra tensora dentro RH – ENSAMBLE 008P

8P.1	U SOPORTE BARRA	Soporte barra tensora va soldada al chasis
------	-----------------	--

Fuente: Alejandro Salazar

Esta pieza se construyó con acero al carbono A-36 de 6 mm de espesor

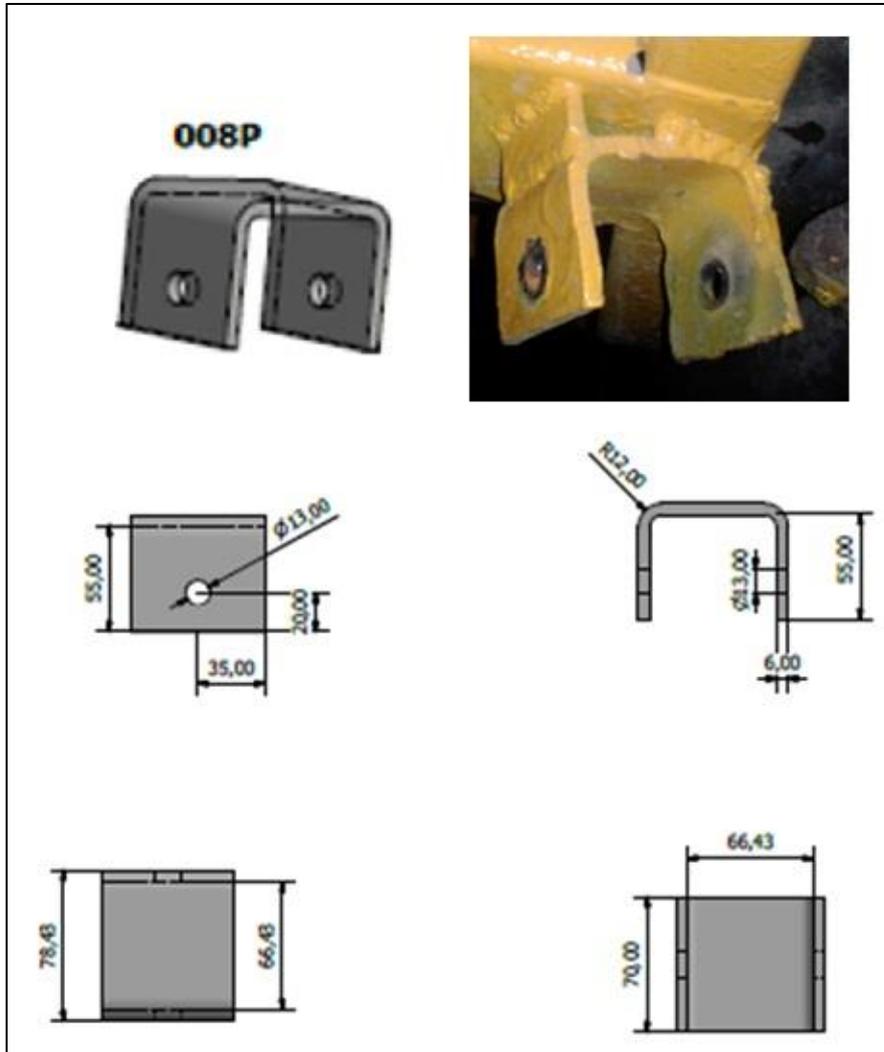


Gráfico 2.36 Planos soporte barra tensora dentro RH – ENSAMBLE 008P

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.21 Soporte central eje transmisión – ENSAMBLE 009P

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
9P.1	U SOPORTE TENSOR	Soporte barra tensora va soldada a 9P.3
9P.2	U SOPORTE TENSOR	Soporte barra tensora va soldada al chasis
9P.3	BASE DE U BARRA TENSORA	Es base es la que va a centrar la transmisión, va sujeta a la parte superior de la transmisión con 4 pernos, y a esta base van soldadas las piezas 9P.1 y 9P.2 para sujetar las barras tensoras.

Fuente: Alejandro Salazar

Esta pieza se construyó con acero al carbono A-36 de 9 mm de espesor

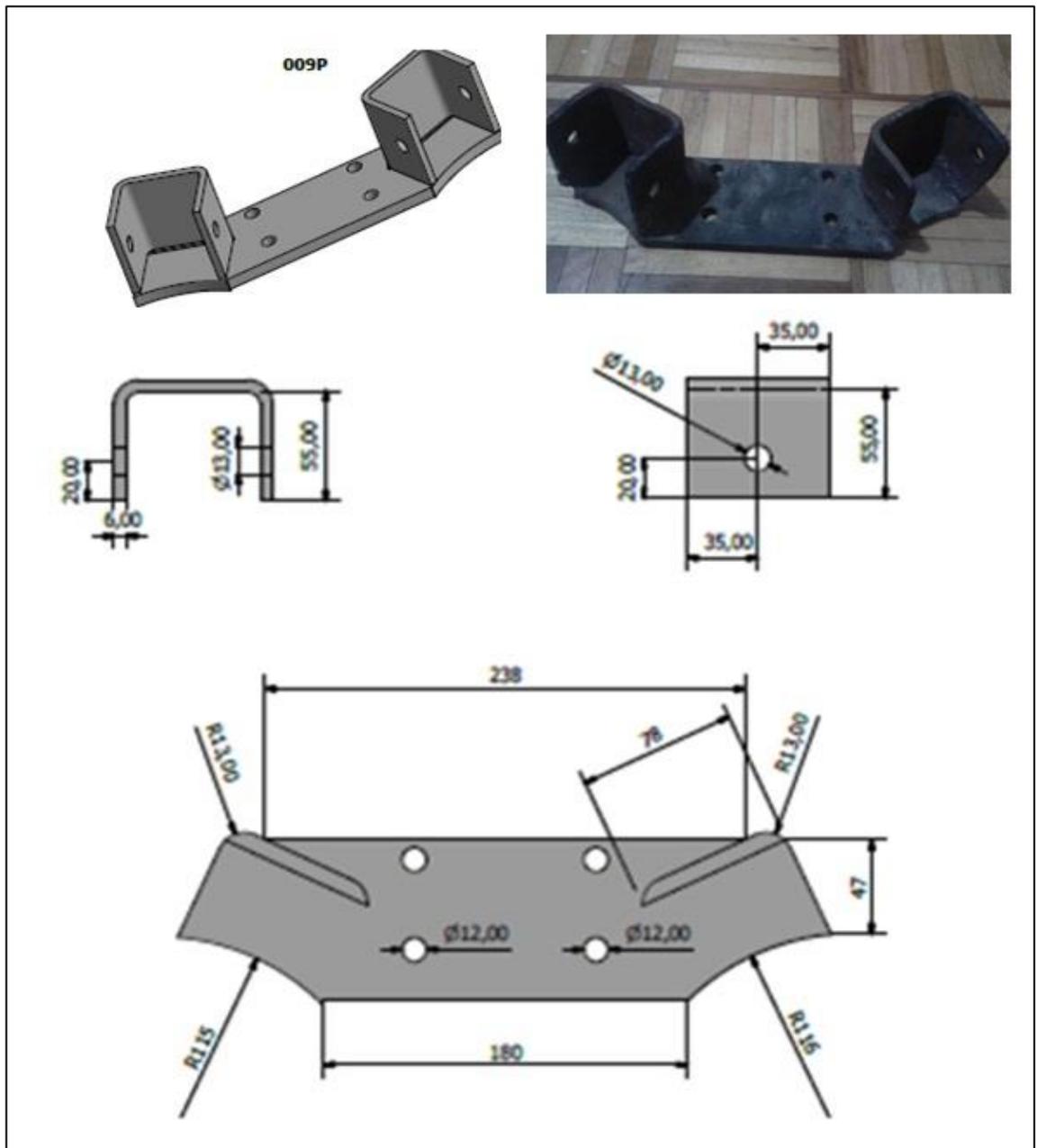


Gráfico 2.37 Planos soporte central eje transmisión – ENSAMBLE 009P

Fuente: Alejandro Salazar

2.4. Diseño de sistema hidráulico

Tabla 2.22 Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1B.1	BASE BOMBA HIDRÁULICA
1B.2	BASE BOMBA HIDRÁULICA
1B.3	BASE BOMBA HIDRÁULICA
SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO – ENSAMBLE 001V	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1V.1	BASE VALVULAS DE ALIVIO
1V.2	BASE SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO
1V.3	
1V.4	ABRAZADERA
RESERVORIO ACEITE HIDRAULICO– ENSAMBLE 001R	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1R.1	RESERVORIO DE ACEITE
1R.2	BASE DE RESERVORIO ACEITE
1R.3	ABRAZADERA RESERVORIO DE ACEITE
1R.4	TUBERIA RETORNO DE ACEITE
1R.5	TUBO INGRESO ACEITE
SOPORTE CAJA DE VALVULAS – ENSAMBLE 001C	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
001C	CAJA DE VÁLVULAS
RESERVORIO DE RETORNO – ENSAMBLE 001RR	
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1RR.1	RESERVORIO
1RR.2	TAPA SUPERIOR RESERVORIO
1RR.3	TAPA INFERIOR RESERVORIO
1RR.4	Pipeta
1RR.5	Pipeta
1RR.6	SOPORTE RESERVORIO RETORNO

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.23 Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS
1B.1	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada al motor para soportar el base que va empernada a la bomba hidráulica
1B.2	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada a la bomba de hidráulica directamente
1B.3	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada al motor para soportar el base que va empernada a la bomba hidráulica

Fuente: Alejandro Salazar

Esta pieza se construyó con acero al carbono A-36 de 6 mm de espesor

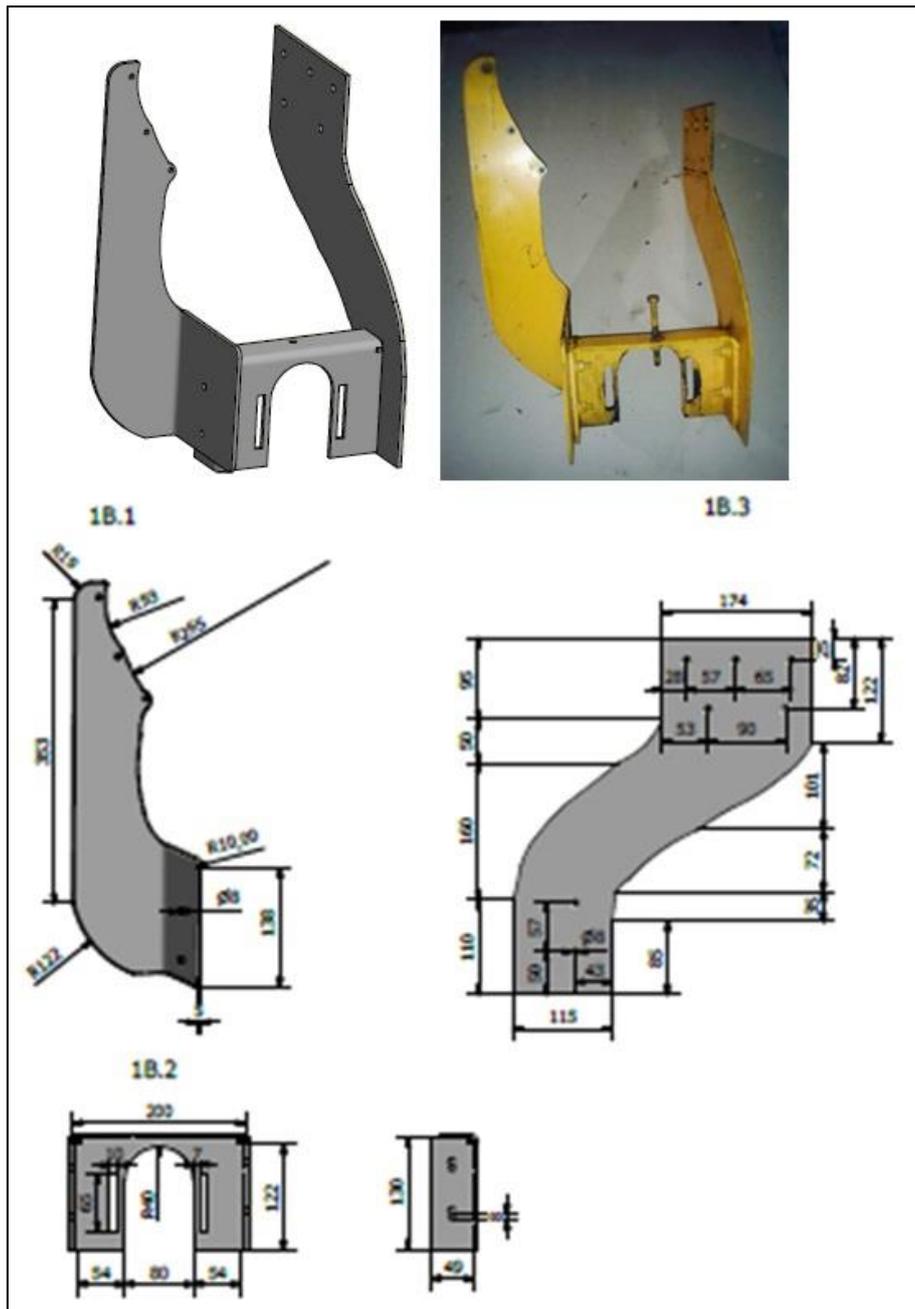


Gráfico 2.38 Planos Soporte bomba hidráulica – ENSAMBLE 001B

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.24 Soporte caja de válvulas – ENSAMBLE 001C

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS
001C		Esta base fue diseñada para sujetar la caja de válvulas a la carrocería ya que aquí ejerce alta presión.

Elaborado por: Alejandro Salazar

Esta pieza se construyó con acero al carbono A-36 de 3 mm de espesor

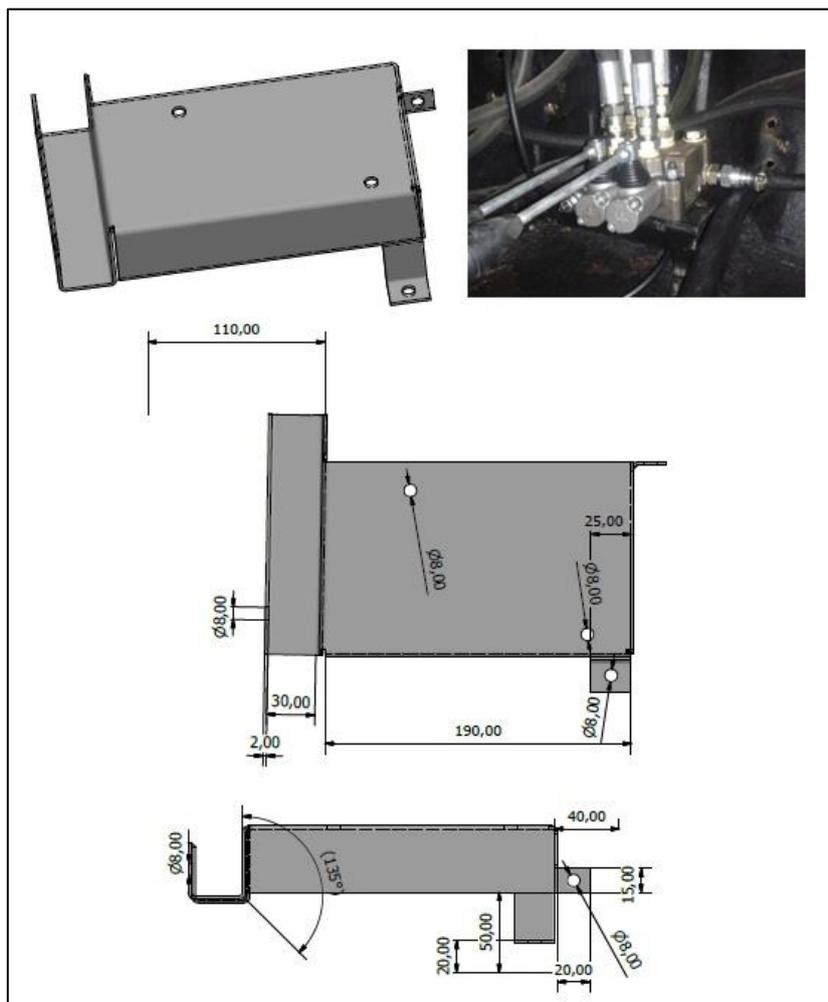


Gráfico 2.39 Planos soporte cajas de válvulas – ENSAMBLE 001C

Fuente: Alejandro Salazar

RESERVORIO DE ACEITE

Este reservorio va ubicado en la parte posterior del asiento derecho del vehículo).

Tabla 2.25 Reservorio aceite hidráulico– ENSAMBLE 001R

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1R.1	RESERVORIO DE ACEITE	Almacena el aceite hidráulico como también recibe el aceite del retorno de la bomba.
1R.2	BASE DE RESERVORIO ACEITE	Soporta el Reservorio de aceite con la carrocería del vehículo
1R.3	ABRAZADERA RESERVORIO DE ACEITE	Soporta el Reservorio de aceite con la carrocería del vehículo
1R.4	TUBERIA RETORNO DE ACEITE	Esta tubería esta conectada a la manguera de retorno de la caja de válvulas
1R.5	TUBO INGRESO ACEITE	Por este tubo llenamos de aceite Hidráulico al reservorio

Fuente: Alejandro Salazar

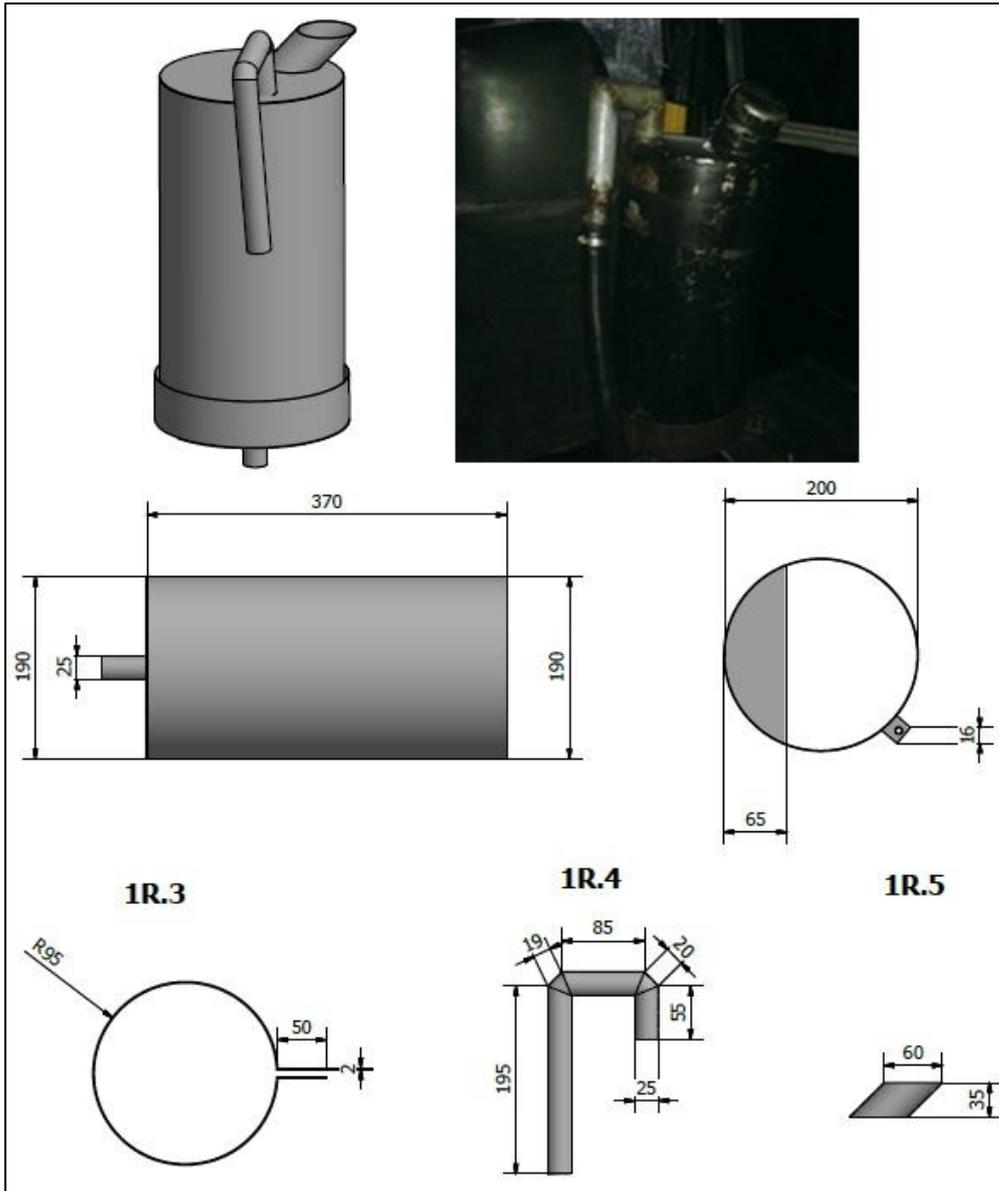


Gráfico 2.40 Planos Reservorio aceite hidráulico – ENSAMBLE 001R

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.26 Reservorio de retorno – ENSAMBLE 001RR

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1RR.1	RESERVORIO	Aquí se almacena el aceite hidráulico que retorna de las válvulas de alivio
1RR.2	TAPA SUPERIOR RESERVORIO	Es la tapa para el selle hermético del reservorio
1RR.3	TAPA INFERIOR RESERVORIO	Es la tapa para el selle hermético del reservorio
1RR.4	Pipeta	Punta donde empata manguera de retorno de las válvulas de alivio al reservorio
1RR.5	Pipeta	Punta donde empata manguera de retorno, sale del reservorio de retorno para llegar al reservorio de aceite.
1RR.6	SOPORTE RESERVORIO RETORNO	Este soporte ayuda a que el reservorio de retorno este fijo a la carrocería.

Fuente: Alejandro Salazar

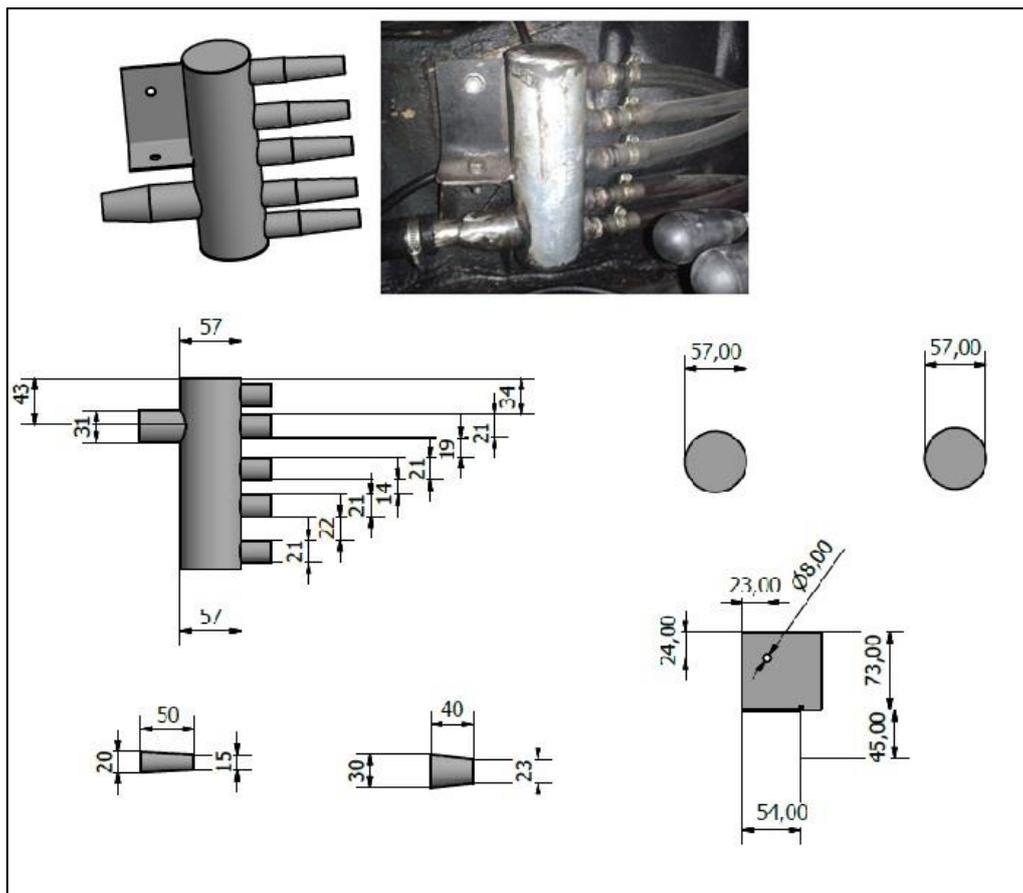


Gráfico 2.41 Planos Reservorio de retorno – ENSAMBLE 001RR

Fuente: Alejandro Salazar

VALVULAS DE ALIVIO

1. Soldar las bases de las válvulas de alivio que se diseñaron para los cilindros hidráulicos.

Tabla 2.27 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
1V.1	BASE VALVULAS DE ALIVIO	Esta base le da firmeza a las válvulas, ya que en las mangueras ejercen mucha presión
1V.2	BASE SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO	Este soporte va soldado al chasis y el soporte 1V.1
1V.3	BASE SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO	Este soporte va soldado al chasis y el soporte 1V.1
1V.4	ABRAZADERA	Esta abrazadera fue diseñada para mantener fijas las mangueras de alta presión hacia el soporte 1V.1

Fuente: Alejandro Salazar

Esta son las válvulas de alivio que son acopladas unidos con teflón



Gráfico 2.42 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.28 Soporte válvulas de alivio – ENSAMBLE 001V

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN
C1	BASTAGO	Sobre este va a ejercer todo el empuje del aceite hidráulico proporcionado por la caja de válvulas
C2	CILINDRO	Dentro de este cilindro va a hacer fricción el embolo
C3	SOPORTE CILINDRO A MANGUETA DEL VEHICULO	Esta base ayuda a fijar el cilindro hidráulico hacia la mangueta del vehículo, para así manipular la altura de la suspensión
C4	TAPA DE SELLE CILINDRO HIDRAULICO	Esta tapa ayuda a que el aceite hidráulico no fugue de los cilindros hidráulicos

Fuente: Alejandro Salazar

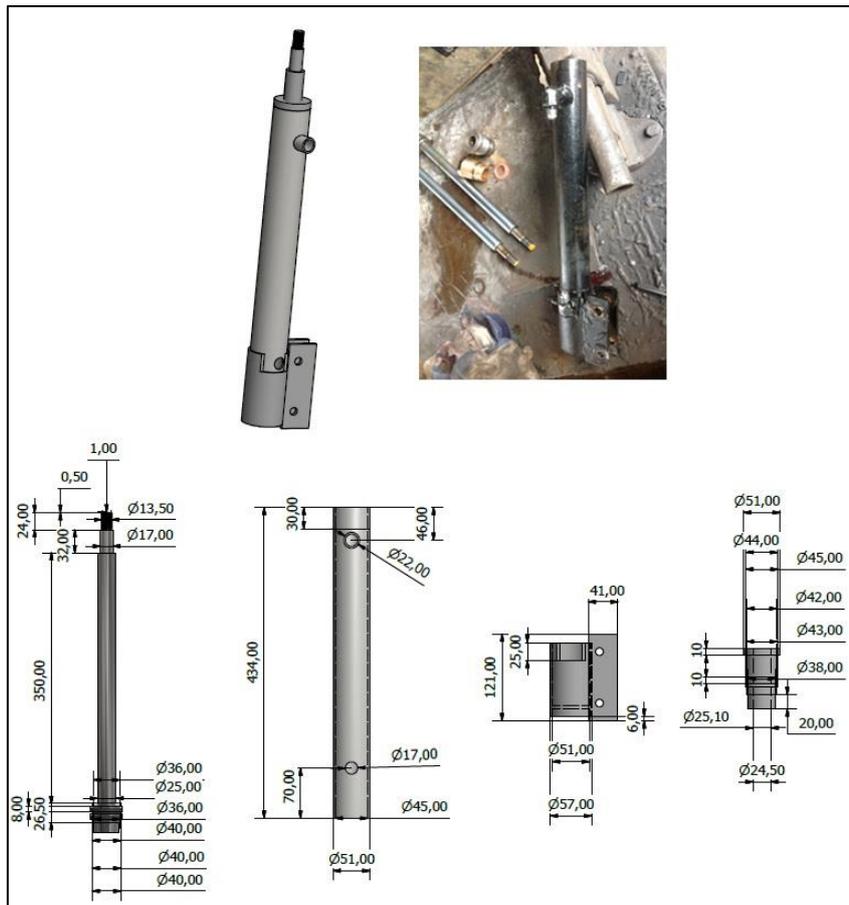


Gráfico 2.43 Planos cilindros hidráulicos – ENSAMBLAJE 001C LH Y RH

Fuente: Alejandro Salazar

CONEXION CON MANGUERAS

Una vez soldadas y ensambladas las cuatro partes más importantes del sistema hidráulico.



Gráfico 2.44 Conexión con mangueras

Fuente: Alejandro Salazar

Las mangueras instaladas son de alta presión soportan hasta 4000 psi de acuerdo a que la presión medida en el sistema con un manómetro corresponde a 3500 psi, la elección de las mangueras se basan a la gráfica 2.49 y 2.50, son marca parkery los neoplos que unen la manguera a los componentes hidráulicos. Se encuentran de la caja de válvulas a las válvulas de alivio y de las válvulas de alivio a los cilindros hidráulicos, y de la caja de válvulas a la bomba hidráulica.

El aceite hidráulico utilizado es marca Valvoline ATF Dexron II.

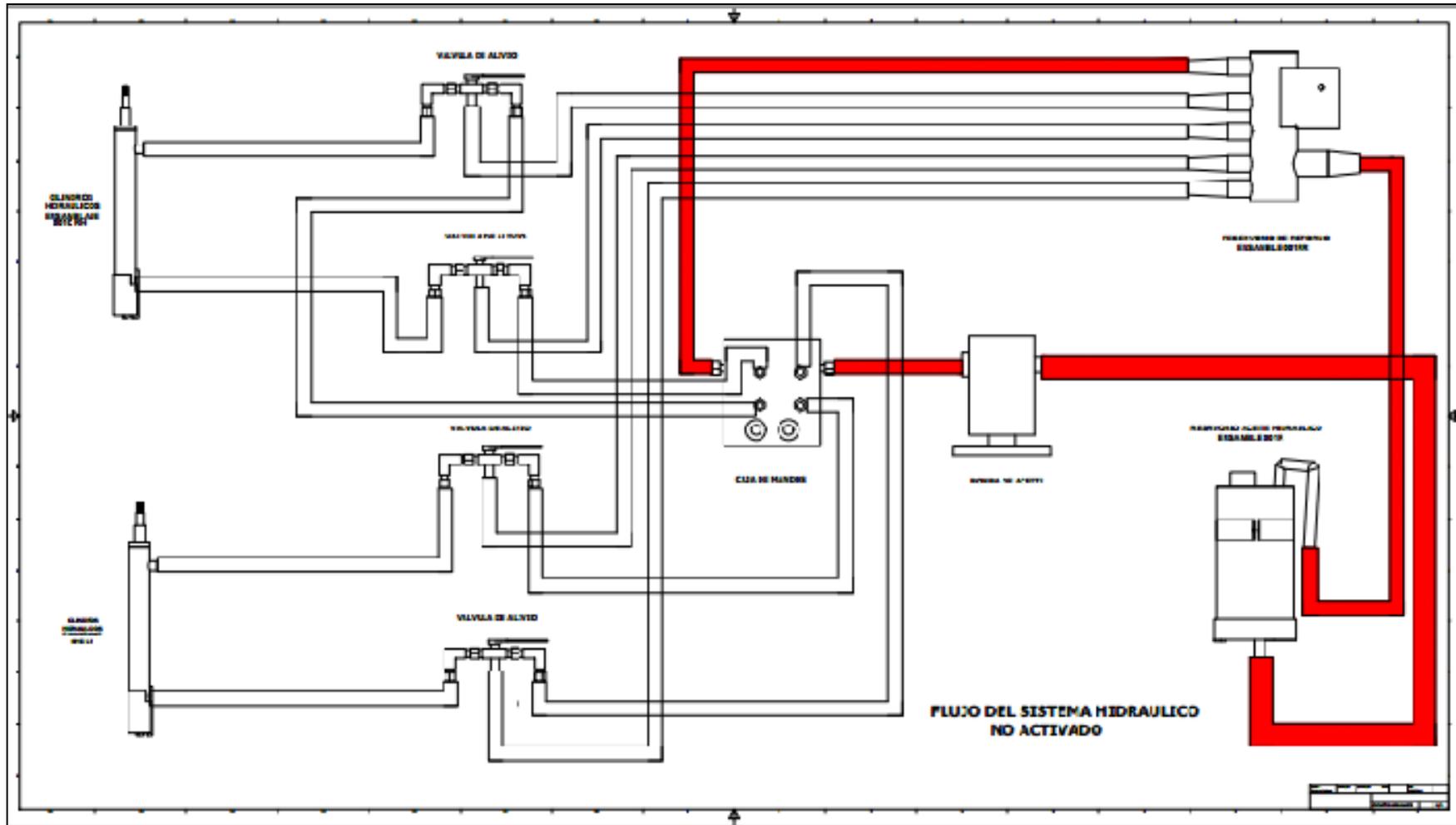


Gráfico 2.45 Flujo sistema hidráulico

Fuente: Alejandro Salazar

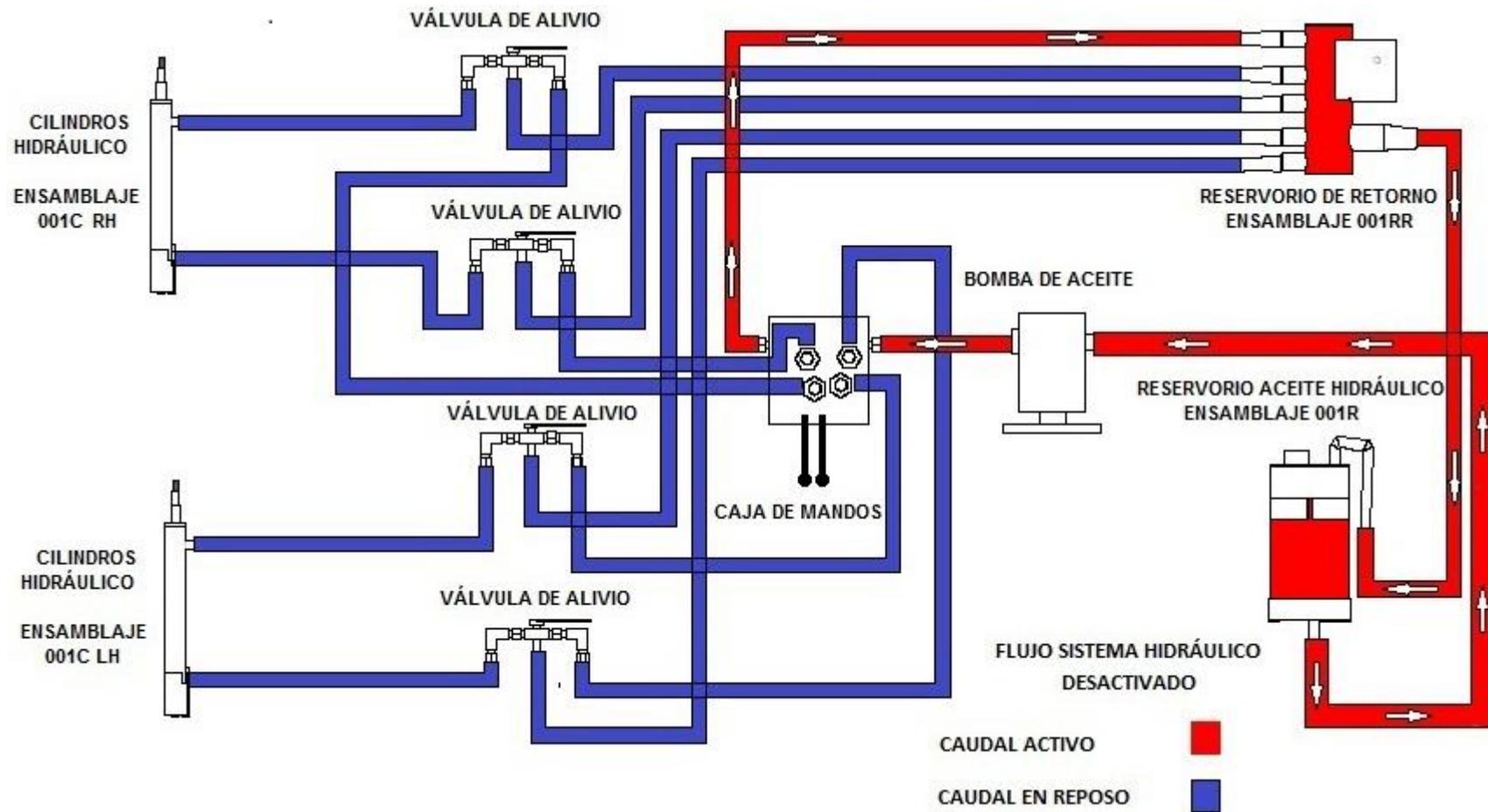


Gráfico 2.46 Flujo sistema hidráulico desactivado

Fuente: Alejandro Salazar

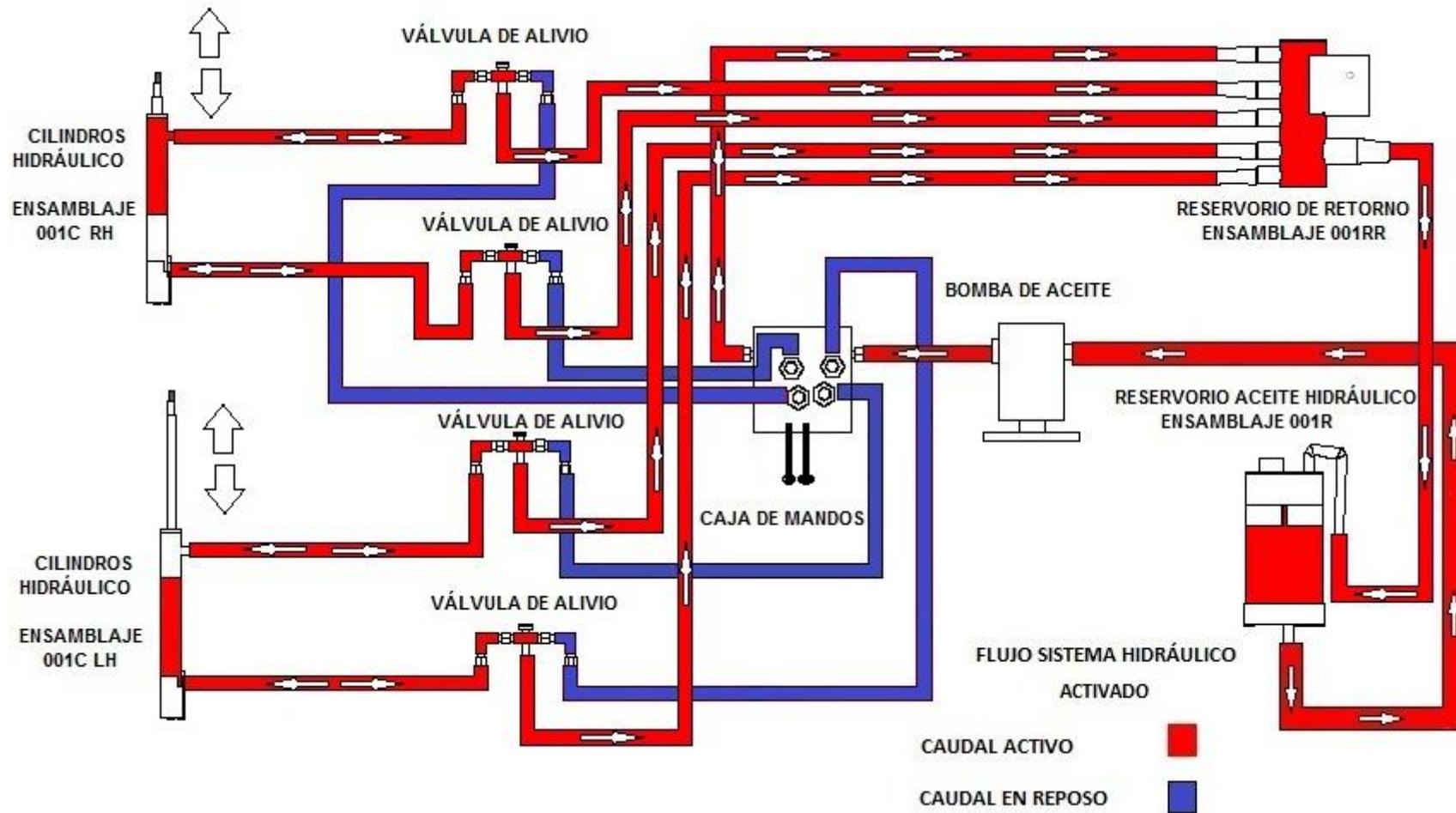


Gráfico 2.47 Flujo sistema hidráulico activado, válvulas hidráulicas activadas

Fuente: Alejandro Salazar

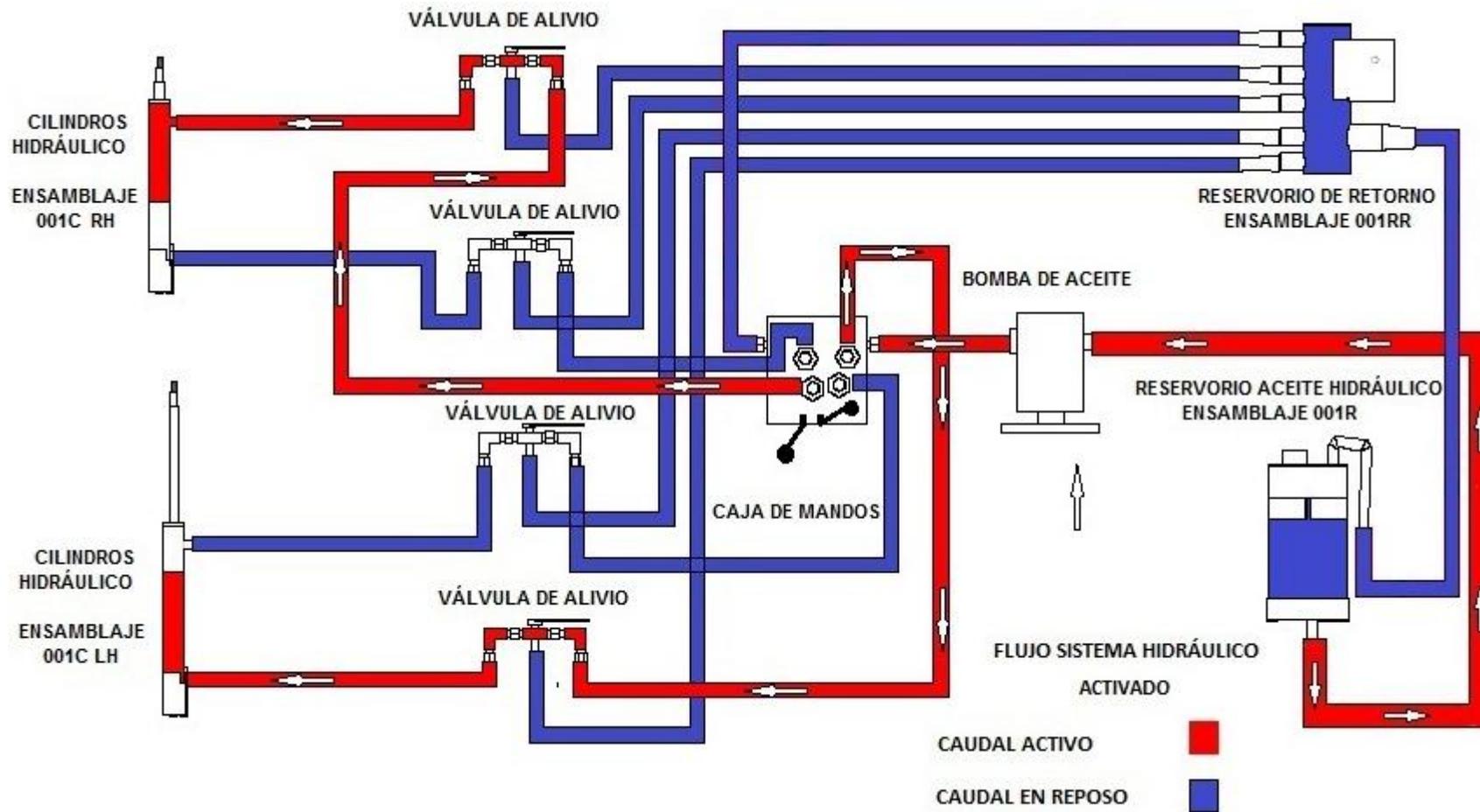


Gráfico 2.48 Flujo sistema hidráulico activado cilindro LH subiendo, cilindro RH bajando

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 2.29 Mangueras utilizadas

CÓDIGO	INICIO MANGUERA (Código de la pieza)	TERMINACIÓN DE MANGUERA (Código de la pieza)	DIAMETRO INTERIOR (Pulg./mm)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	LARGO (mm)	TIPO DE PRESIÓN	PRESIÓN DE TRABAJO (PSI)
1MA.1	Reservorio de aceite (001R)	Bomba De Aceite	3/4 / 19.00	27.7	2700	Mediana Presión	1250
1MA.2	Bomba De Aceite	Caja De Mandos	3/8 / 9.5	19	2300	Alta Presión	4000
1MA.3	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico LH	3/8 / 9.5	19	700	Alta Presión	4000
1MA.4	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico LH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000
1MA.5	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico RH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000
1MA.6	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico RH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000
1MA.7	Válvula de Alivio	Cilindro LH	3/8 / 9.6	19	1650	Alta Presión	4000
1MA.8	Válvula de Alivio	Cilindro LH	3/8 / 9.7	19	1650	Alta Presión	4000
1MA.9	Válvula de Alivio	Cilindro RH	3/8 / 9.8	19	1000	Alta Presión	4000
1MA.10	Válvula de Alivio	Cilindro RH	3/8 / 9.9	19	1000	Alta Presión	4000
1MA.11	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250
1MA.12	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250
1MA.13	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250
1MA.14	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250
1MA.15	Reservorio de Retorno (001RR)	Reservorio de aceite (001R)	3/4 / 19.00	27.7	1600	Mediana Presión	1250
1MA.16	Caja De Mando	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	700	Mediana Presión	1250

Fuente: Alejandro Salazar

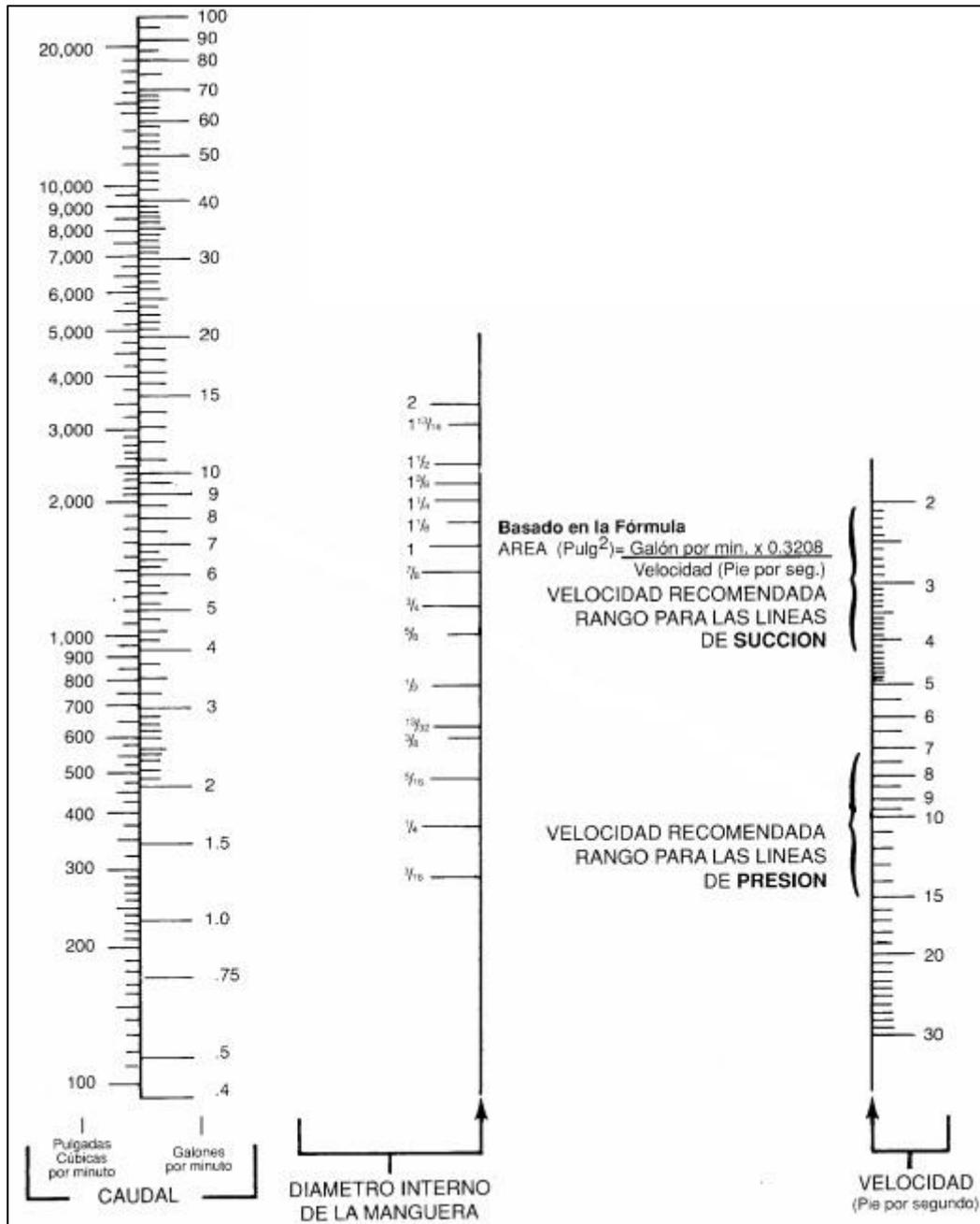


Gráfico 2.49 Guía para la selección del diámetro interno de la manguera (caudal y velocidad).

Fuente: Mangueras Covarrubia. Catálogo general

Esta gráfica se utiliza para determinar el diámetro interno de las mangueras que se necesita para cumplir con el caudal y los requerimientos de velocidad.

Se procede a colocar una regla desde la columna de caudal hasta la columna de velocidad. El diámetro interno de la manguera recomendada se observa en el punto donde la línea atraviesa la columna diámetro interno de la manguera. Si la línea atraviesa la columna diámetro interno entre dos medidas, se utiliza el diámetro mayor.

En la gráfica una manguera de 3/8" se recomienda para un caudal de 5 galones por minuto a una velocidad de 14 pies por segundo.

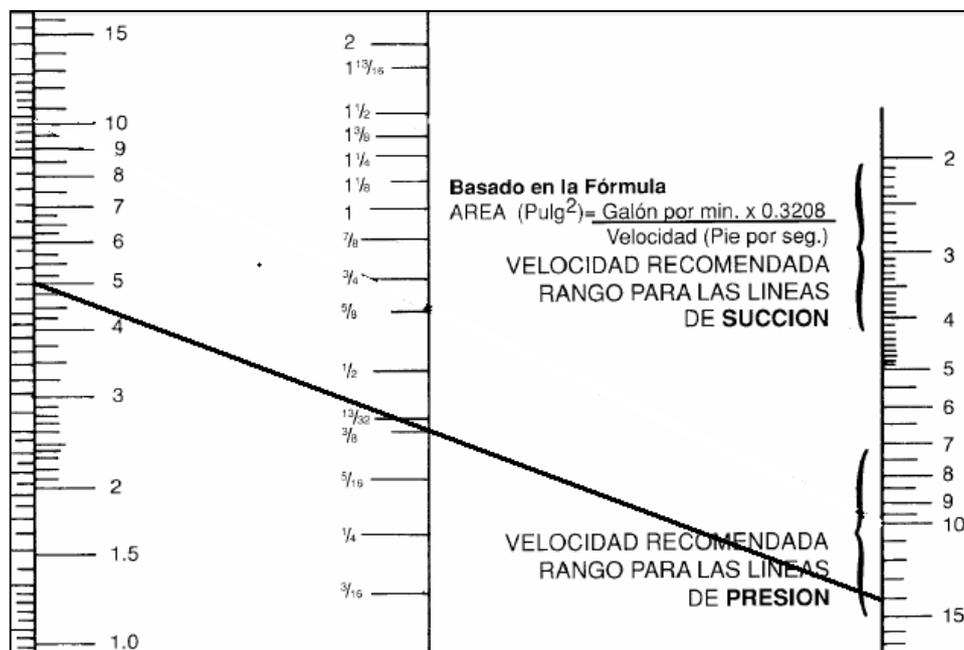


Gráfico 2.50 Ejemplo de cálculo para la selección del diámetro interior de la manguera (caudal y velocidad).

Fuente: Mangueras Covarrubia. Catálogo general

2.5. Alternativa de Materiales

Para la elección de los materiales nos basamos en la facilidad de poder adquirirlo en el mercado, el costo y a sus propiedades.

Para el diseño de las partes de nuestro vehículo necesitamos adquirir el conocimiento del material con el cual vamos a trabajar, porque cualquier producto maquina o estructura tiene que ser segura y estable bajo las cargas ejercidas sobre aquellas durante cualquier uso previsible. (Mott, 2009, pág. 1)

A-15 Propiedades de aceros estructurales							
Material ASTM núm. y productos	Resistencia última, s_u^*		Resistencia a la cedencia, s_y^*		Porcentaje de alargamiento en 2 plg		
	ksi	MPa	ksi	MPa			
A36-Perfiles, placas y barras de acero al carbón	58	400	36	248	21		
A500-Tubería estructural formada en frío							
Redonda, grado A	45	310	33	228	25		
Redonda, grado B	58	400	42	290	23		
Redonda, grado C	62	427	46	317	21		
Perfilada, grado A	45	310	39	269	25		
Perfilada, grado B	58	400	46	317	23		
Perfilada, grado C	62	427	50	345	21		
A572-Perfiles, placas y barras de acero de baja aleación de columbio-vanadio de alta resistencia							
Grado 42	60	414	42	290	24		
Grado 50	65	448	50	345	21		
Grado 60	75	517	60	414	18		
Grado 65	80	552	65	448	17		
Hierro dúctil ASTM A536							
60-40-18	60	414	—	—	40	276	18
80-55-6	80	552	—	—	55	379	6
100-70-3	100	690	—	—	70	483	3
120-90-2	120	827	180	1240	90	621	2
A-17 Propiedades representativas de aleaciones de aluminio*							
Aleación y temple	Resistencia última, s_u		Resistencia a la cedencia		Porcentaje de alargamiento	Resistencia a cortante, s_{us}	
	ksi	MPa	ksi	MPa		ksi	MPa
1100-H12	16	110	15	103	25	10	69

Grafico 2.51 Propiedades de Aceros

Fuente: Mott, 2009

Tabla 2.30 Materiales a seleccionar

MATERIAL ASTM NUM. PRODUCTO	RESISTENCIA A LA CEDENCIA / MPA	PVP	MERCADO
ACERO AL CARBONO A- 36	248	\$ 48 M2	FACIL ENCONTRAR EN EL MERCADO
ACERO AL CARBONO A-572	290	\$ 90 M2	BAJO PEDIDO
ACERO AL CARBONO A-500	228	\$ 60 M2	NO APLICA EN PLANCHAS
HIERRO GRIS A-536	276	\$ 85 M2	NO APLICA EN PLANCHAS
ALUMINIO 1100-H12	103	\$ 60 M2	NO DISPONIBLE LA PLANCHAS DE 6MM

Fuente: Alejandro Salazar

Por precio, fácil de encontrar en nuestro mercado y de igual forma es muy amigable con cualquier tipo de suelda, seleccionamos el material acero al carbono A-36.

2.6. Tipo de suelda

Para este trabajo seleccionamos la suelda eléctrica con electrodo 60-11, el motivo de esta elección se debe a que la suelda nos permite fundir materiales de bajo costo, entregándonos una eficiencia excelente al momento de soldar las piezas del material seleccionado.

CAPITULO 3

IMPLEMENTACIÓN Y COMPROBACIÓN DEL SISTEMA

En la fase de implementación, a continuación se presenta cada una de las partes que ha implicado el proceso de construcción del sistema de suspensión que se ha aplicado al vehículo con sus respectivos materiales.

En la primera fase de la implementación se inició desarmando toda la suspensión del Suzuki LJ50.

En este punto desarrollamos los aspectos más importantes que se deben tomar en cuenta al momento de desmontar la suspensión del Suzuki LJ50.

Para proceder al despiece de las partes de la suspensión del Suzuki LJ50 es necesario primero contar con toda la herramienta necesaria como:

- a. Gatas hidráulicas
- b. Caballetes
- c. Juego de llaves Mixtas
- d. Juego de rachas
- e. Palanca de fuerza o Torque
- f. Desarmadores
- g. Juego de playos y pinzas

- h. Playo de presión
- i. Prensa
- j. Combos y martillos
- k. Esmeril
- l. Extractor

3.1. Secuencia operacional de desmontaje

Para el desmontaje de piezas a ser reemplazadas se realizan los siguientes procedimientos.

1. Se embanca todo el vehículo tomando cuatro puntos de apoyo en el chasis, considerando como muy importante embancarlo en una superficie totalmente plana para que luego no se nos dificulte sacar las coordenadas del vehículo, para posteriormente centrar todas las piezas que se adaptaron.



Gráfico 3.1 Antes del desmontaje de partes.

Fuente: Alejandro Salazar

- a. Se afloja todos los pernos de las barras de dirección, para liberar los terminales de dirección que van sujetos a la mangueta usando el extractor ya que los terminales son cónicos.



Gráfico 3.2. Antes del desmontaje de partes.

Fuente: Alejandro Salazar

- b. Luego se aflojan los pernos de los colgantes o bases de las ballestas, con la finalidad de que la suspensión salga totalmente armada, considerando que esta suspensión de eje rígido es mucho más fácil sacarla armada.



Gráfico 3.3. Antes del desmontaje de partes

Fuente: Alejandro Salazar

- c. Se afloja las tuercas de los amortiguadores de las bases superiores.
- d. Como el eje de transmisión va a salir armado se tiene que aflojar los cuatro pernos de la brida que conecta el cardan con el grupo diferencial.
- e. El último paso es aflojar los cuatro pernos de cada base donde se sujetan las abrazaderas del eje de transmisión.

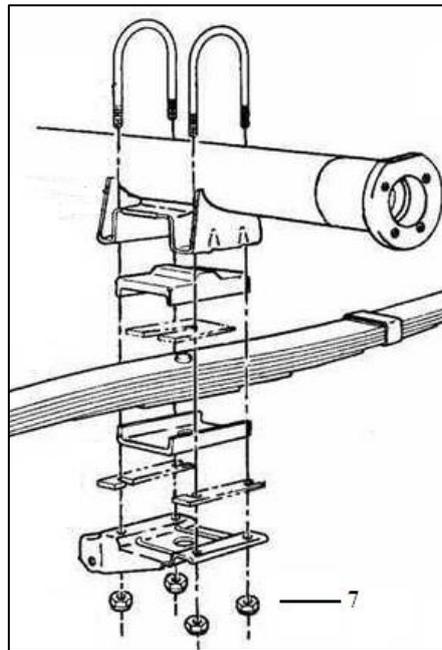


Gráfico 3.4 Proceso antes de la desmantelar

Fuente: Pérez, 1996

Como se puede observar, en la siguiente foto, el sistema de la suspensión quedó completamente desarmado.



Gráfico 3.5 Auto desmantelado

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 3.6 Partes desmanteladas

Fuente: Alejandro Salazar

3.2. Partes a reemplazar

En este punto, los elementos previstos a reemplazar corresponden a:

Partes	Gráfico
a. Ballestas o paquetes	
b. Amortiguadores	
c. Transmisiones delantera y posterior	
d. Tambores de freno	
e. Bases de todos los componentes antes mencionados.	

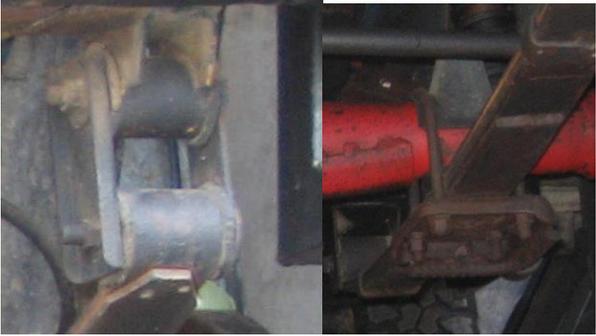
Partes	Gráfico
	

Gráfico 3.7 Partes a reemplazar

Fuente: Alejandro Salazar

Una vez desarmado el vehículo, se eligió la mejor suspensión, la cual corresponde a una suspensión de un vehículo con las mismas características, para lo cual se seleccionó un Chevrolet Vitara clásico, pues el diseño del automóvil Suzuki LJ 50 es muy amigable con el diseño y sistema de un Chevrolet Vitara clásico y dado que este tiene una mejor suspensión, pero con similares características se lo consideró para tomar las siguientes partes.

Tabla 3.1 Partes de Vitara Clásico para sustituir

Partes	Descripción
a. Transmisiones delantera y posterior:	b. Muñón de los cardanes del eje de transmisión delantera y posterior
c. Discos de freno	d. Tensores de transmisión posterior
e. Ejes homocinéticos	f. Tambores posterior
g. Bases de transmisiones	h. Barras de dirección y terminales de dirección
i. Manguetas	j. Mesas o Platos de suspensión, incluye bujes.

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 3.2 partes tomadas de un Chevrolet vitara clásico

Partes	
a. Transmisiones delantera y posterior:	 <p>Transmisión delantera relación de transmisión 8/41</p>  <p>Transmisión posterior relación de transmisión 8/41</p>
b. Discos de freno	 <p>Discos de freno Vitara clásico \$ 40 cada uno son dos</p>
c. Ejes homocinéticos	

Partes	
	
<p>d. Bases de transmisiones</p>	<p>Soporte de base transmisión delantera</p>   <p>Soporte de base transmisión delantera LH código 4D.4 , 4D.5, 4D.6, 4D.7</p>  <p>Soporte de base transmisión posterior</p>

Partes	
	
e. Manguetas	
f. Muñón de los cardanes del eje de transmisión delantera y posterior	

Partes

g. Tensores de transmisión posterior



h. Tambores posterior



i. Barras de dirección y terminales de dirección

Partes



j. Mesas o Platos de suspensión, incluye bujes.



Partes	
	

Fuente: Alejandro Salazar

Existen algunos elementos que no se han podido adaptar de este vehículo, por lo cual se ha considerado otro vehículo que permita incluir estos elementos, para ello se ha considerado:

Tabla 3.3 Partes tomadas de otros vehículos

Partes	
a. Helicoidales o resortes delanteros (Vehículo Mazda B2.2)	

<p>b. Base de motor (Vehículo Kia Río) el cual se adaptó como base de transmisión delantera</p>	
---	--

Fuente: Alejandro Salazar

3.3. Secuencia operacional para el montaje de partes

En este punto se detallan los puntos más importantes que se deben tomar en cuenta para la adaptación de las partes de las suspensión del Vitara clásico al chasis del Suzuki LJ50.

Para proceder con la adaptación o ensamblaje de partes al chasis del Suzuki LJ50 es necesario primeramente entender las condiciones de trabajo de dicha suspensión, tales como son los amortiguadores, ballestas, helicoidales o resortes de suspensión y barras tensoras.

Es así que se describe de la siguiente manera, la secuencia de ensamblaje de partes de la suspensión del Vitara clásico al chasis del Suzuki LJ50.

3.3.1. Parte delantera

- a. Primero se procede con el corte de las piezas a requerirse para acoplar las mesas, transmisión y cilindros hidráulicos.



Gráfico 3.8 Corte de piezas

Fuente: Alejandro Salazar

- b. Luego se procede a centrar la mesa o plato de suspensión del Vitara, esto con la ayuda del diseño ya efectuado anteriormente, se procede a soldar las dos bases con sus respectivos refuerzos al chasis del Suzuki LJ50.



Gráfico 3.9 Bases mesas de suspensión Código 5d.1 y 6d.1

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 3.10 Bases mesas de suspensión Código 5D.2

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 3.11 Piezas soldadas

Fuente: Alejandro Salazar

- c. Una vez que ya se colocan las dos bases tanto del lado derecho como del izquierdo, se procede a ensamblar la mesa o platos de suspensión.



Gráfico 3.12 Bases mesas de suspensión

Fuente: Alejandro Salazar

d. Luego se acopla el cilindro hidráulico en la mangueta y base superior.



Gráfico 3.13 Acoplamiento cilindro hidráulico

Fuente: Alejandro Salazar



Gráfico 3.14 Características de las bases del helicoidal que se sueldan

Fuente: Alejandro Salazar

e. Se centra las bases del helicoidal para poder soldar según diseño.



Gráfico 3.15 Base Helicoidal

Fuente: Alejandro Salazar

f. Se procede a colocar el soporte resorte LH – ensamble 010D

La base solo va arriba ya que abajo se acopla con la mesa de suspensión.



Gráfico 3.16 Colocación del soporte resorte LH – ensamble 010D

Fuente: Alejandro Salazar

Tabla 3.4 Unión de transmisión a la base

<p>La primera parte va empernada a la transmisión:</p>	
<p>La segunda parte va soldada al chasis</p>	

Fuente: Alejandro Salazar

- g. Una vez que están armados todos estos componentes, se procede a colocar los ejes de transmisión en la mangueta para poder soldar las bases de la misma.



Gráfico 3.17 Suspensión delantera armada

Fuente: Alejandro Salazar

- h. Se suelda las bases de la transmisión derecha e izquierda.



Gráfico 3.18 Bases Transmisión

Fuente: Alejandro Salazar

- i. Se procede a ensamblar los componentes restantes como son:
 - a. Brazo Pitman de dirección.
 - b. Cañerías de freno a Mordazas de freno.

Tabla 3.5 Ensamblaje de brazo Pitman y cañerías a mordazas de freno

Componentes	Gráfico
a. Brazo Pitman de dirección. (Pertenece al vehículo antiguo)	
a. Cañerías de freno a Mordazas de freno. (Son las cañerías del vitara)	

Fuente: Alejandro Salazar

Una vez ya acoplados todos los componentes según diseño, se sale a probar para verificar si no hay fatiga de materiales o fisuras en los cordones de suelda.



Gráfico 3.19 Suspensión delantera terminada

Fuente: Alejandro Salazar

3.3.2. Parte posterior

- a. Se centran los soportes de helicoidales posteriores según diseño y se sueldan.



Gráfico 3.20 Base Helicoidal posterior

Fuente: Alejandro Salazar

La base del amortiguador es la misma del anterior vehículo solo que cambiada de posición.



Gráfico 3.21 Base del amortiguador posterior

Fuente: Alejandro Salazar

- b. Se suelda los soportes de amortiguadores, los cuales son los originales del Suzuki LJ50.



Gráfico 3.22 Soporte amortiguador posterior

Fuente: Alejandro Salazar

- c. Ser coloca los soportes de las barras tensoras al chasis del Suzuki LJ50, y a su vez la base central de la misma, esto siempre teniendo el eje de transmisión bien centrado, para así poder soldar.



Gráfico 3.23 Soporte barra tensora

Fuente: Alejandro Salazar

- d. Una vez soldadas las bases de los helicoidales se coloca el amortiguador.



Gráfico 3.24 Instalación amortiguadores posteriores

Fuente: Alejandro Salazar

- e. Después de la prueba se procede a revisar si no hay fatiga de materiales o fisuras en los cordones de suelda.



Gráfico 3.25 Revisión suspensión terminada

Fuente: Alejandro Salazar

3.3.3. Sistema hidráulico

- a. Primero se colocan las bases de la bomba de dirección al motor según diseño.



Gráfico 3.26 Base bomba hidráulica

Fuente: Alejandro Salazar

- b. Se instala la polea que va a mover a la bomba de aceite de los cilindros hidráulicos, esta va sobre la polea de la bomba de agua del motor según diseño.



Gráfico 3.27 Instalación Polea motor a bomba hidráulica

Fuente: Alejandro Salazar

- c. Se instala la base de la bomba de aceite, para colocar la banda.

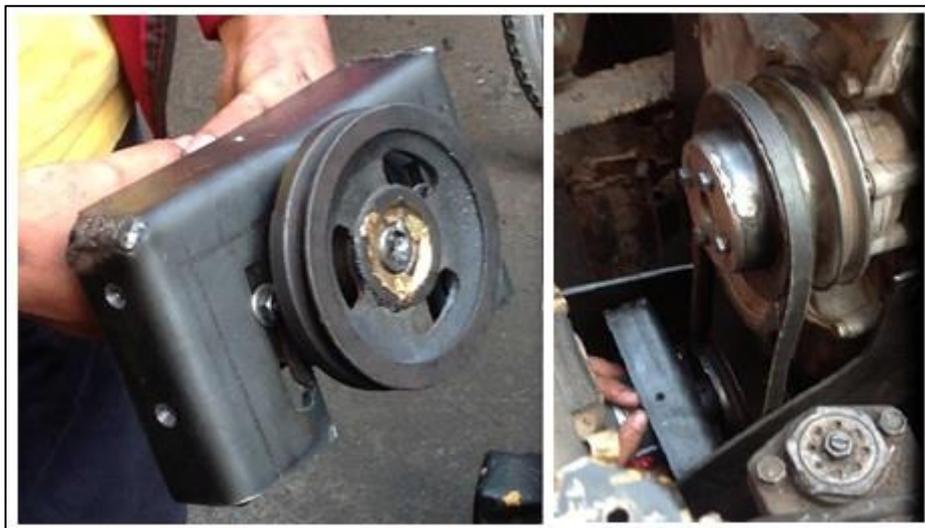


Gráfico 3.28 Base inferior bomba hidráulica

Fuente: Alejandro Salazar

- d. Luego se procede a instalar el soporte de la caja de válvulas en el habitáculo del Suzuki Lj50.



Gráfico 3.29 Reservorio instalándolo e instalado

Fuente: Alejandro Salazar

- e. Se coloca el reservorio de aceite hidráulico marca Valvoline en la parte posterior del asiento derecho del vehículo.
- f. Se procede a soldar las bases de las válvulas de alivio que se diseñaron para los cilindros hidráulicos.



Gráfico 3.30 Válvulas de alivio con acoples unidos con teflón

Fuente: Alejandro Salazar

- g. Una vez soldadas y ensambladas las cuatro partes más importantes del sistema hidráulico se procede a instalar las mangueras.

Las mangueras son de alta presión soportan hasta 4000 psi son marca parker y los neoplos que unen la manguera a los componentes hidráulicos. Y se encuentran de la caja de válvulas a las válvulas de alivio y de las válvulas de alivio a los cilindros hidráulicos, y de la caja de válvulas a la bomba hidráulica.

Hay diferentes medidas

- h. Se instalan las mangueras colocando el aceite en el reservorio para la prueba.



Gráfico 3.31 Fotografías de bases instalándose e instaladas

Fuente: Alejandro Salazar

- i. Después de la prueba se procede a revisar todo el sistema para verificar si no hay fallas, tal como se describe en el punto 3.5 (Comprobación del Sistema).

3.4. Costos

3.4.1. Costos Suspensión parte delantera

Tabla 3.6 Costos de partes de suspensión parte delantera

BASE CILINDRO HIDRAULICO LH – ENSAMI			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
1D.1	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.	8
1D.2	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.	8
1D.3	Central Base	Es el soporte de la base del cilindro hidráulico, aquí es donde ejerce presión el cilindro hidráulico, y como esta soldado al chasis del vehículo al momento de accionarlo sube la carrocería y empuja los neumáticos con mayor presión hacia el piso.	15
BASE CILINDRO HIDRAULICO RH – ENSAMBLE 002D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
2D.1	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.	8
2D.2	Lateral de Base	Es un refuerzo que ayuda a que la base del cilindro hidráulico no se deforme.	8
2D.3	Central Base	Es el soporte de la base del cilindro hidráulico, aquí es donde ejerce presión el cilindro hidráulico, y como esta soldado al chasis del vehículo al momento de accionarlo sube la carrocería y empuja los neumáticos con mayor presión hacia el piso.	15
SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN RH – ENSAMBLE 003D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
3D.1	Lateral soporte perno	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión.	3
3D.2	Lateral Soporte perno	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión	3
3D.3	Tapa superior	Refuerzo del semicubo superior	4

3D.4	Tapa Lateral	Refuerzo del semicubo Lateral	2
SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN LH – ENSAMBLE 004D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
4D.1	Soporte perno lateral	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión	3
4D.2	Soporte perno lateral	Esta cara de la pieza semicúbica soporte el perno de la base de transmisión	3
4D.3	Tapa Lateral	Refuerzo del semicubo lateral	2
4D.4	Tapa superior	Refuerzo del semicubo superior	4
4D.5	Soporte 4 pernos hacia la transmisión	Esta pieza va acoplada a la transmisión con 4 pernos y la base de la transmisión.	8
4D.6	Tapas lateral	Refuerzo para no deformación de la pieza 4D.5	1
4D.7	Tapa lateral	Refuerzo para no deformación de la pieza 4D.5	1
SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE MOTOR – ENSAMBLE 005D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
5D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión	10
5D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 5D.1, con el chasis.	8
SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE CAJA – ENSAMBLE 006D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
6D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión	10
6D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 6D.1, con el chasis.	8
SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE MOTOR – ENSAMBLE 007D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
7D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión	10
7D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 7D.1, con el chasis.	8
SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE CAJA – ENSAMBLE 008D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
8D.1	Base Rectangular al Chasis	Esta base va a soportar el un extremo de la mesa de suspensión	10

8D.2	Tapa soporte al Chasis	Refuerzo de la pieza 8D.1, con el chasis.	8
SOPORTE RESORTE LH – ENSAMBLE 009D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
9D.1	Tapa circular superior	Esta parte de la pieza es la que soporta los esfuerzos del muelle o resorte de suspensión	8
9D.2	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo	5
9D.3	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo	5
9D.4	Contorno Tapa circular	Esta pieza ayuda a que el resorte se encuentre centrado.	3
SOPORTE RESORTE RH – ENSAMBLE 010D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
10D.1	Tapa circular superior	Esta parte de la pieza es la que soporta los esfuerzos del muelle o resorte de suspensión	8
10D.2	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo	5
10D.3	Soporte hacia el Chasis	Refuerzo de soporte de resorte con el chasis del vehículo	5
10D.4	Contorno Tapa circular	Esta pieza ayuda a que el resorte se encuentre centrado.	3
SOPORTE TRANSMISIÓN INFERIOR – ENSAMBLE 011D			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	FUNCIÓN	PRECIO
11D.1	Soporte principal	Base que soporta el cono de la transmisión, y los esfuerzos del cardan de transmisión	25
11D.2	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.	2
11D.3	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.	2
11D.4	Refuerzo	Refuerzo de la pieza 11D.1 para su mejor soporte de esfuerzos.	2
TRANSMISIÓN DELANTERA CON PARTES DE SUSPENSIÓN			900
VALOR TOTAL			1,141

Elaborado por: Alejandro Salazar

3.4.2. Costos Suspensión parte posterior

Tabla 3.7 Costos de partes de suspensión parte posterior

SOPORTE RESORTE RH – ENSAMBLE 001P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
1P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es la que soporta los esfuerzos del resorte posterior	15
1P.2	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea mas compacta.	3
1P.3	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea mas compacta.	3
1P.4	CILINDRO BASE RESORTE	Este cilindro esta soldado en la mitad de la pieza 1P.1 para que el resorte este centrado y no pueda desviarse.	8
SOPORTE RESORTE RH – ENSAMBLE 002P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
2P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es la que soporta los esfuerzos del resorte posterior	15
2P.2	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea mas compacta.	3
2P.3	REFUERZO LATERAL	Refuerzo que ayuda a que la pieza sea mas compacta.	3
2P.4	CILINDRO BASE RESORTE	Este cilindro esta soldado en la mitad de la pieza 2P.1 para que el resorte este centrado y no pueda desviarse.	8
SOPORTE AMORTIGUADOR LH – ENSAMBLE 003P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
3P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es original del vehículo CJ 50	0
SOPORTE AMORTIGUADOR LH – ENSAMBLE 004P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
4P.1	SOPORTE PRINCIPAL	Esta pieza es original del vehículo CJ 50	0
SOPORTE BARRA TENSORA FUERA LH – ENSAMBLE 005P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
5P.1	SOPORTE PERNO LATERAL	Soporta el perno del tensor que centra la transmisión.	10

SOPORTE BARRA TENSORA FUERA RH – ENSAMBLE 006P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
6P.1	SOPORTE PERNO LATERAL	Soporta el perno del tensor que centra la transmisión.	10
SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO LH – ENSAMBLE 007P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
7P.1	U SOPORTE BARRA	Soporte barra tensora va soldada al chasis	10
SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO RH – ENSAMBLE 008P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
8P.1	U SOPORTE BARRA	Soporte barra tensora va soldada al chasis	10
SOPORTE CENTRAL EJE TRANSMISION – ENSAMBLE 009P			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIO
9P.1	U SOPORTE TENSOR	Soporte barra tensora va soldada a 9P.3	10
9P.2	U SOPORTE TENSOR	Soporte barra tensora va soldada al chasis	10
9P.3	BASE DE U BARRA TENSORA	Es base es la que va a centrar la transmisión, va sujeta a la parte superior de la transmisión con 4 pernos, y a esta base van soldadas las piezas 9P.1 y 9P.2 para sujetar las barras tensoras	20
TRANSMISIÓN POSTERIOR CON PARTES DE SUSPENSIÓN			800
VALOR TOTAL			938

Elaborado por: Alejandro Salazar

3.4.3. Costos Bases del sistema hidráulico

Tabla 3.8 Costos de partes de base del sistema hidráulico

SOPORTE BOMBA HIDRAULICA – ENSAMBLE 001B			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIOS
1B.1	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada al motor para soportar el base que va empernada a la bomba hidráulica	15
1B.2	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada a la bomba de hidráulica directamente	15
1B.3	BASE BOMBA HIDRÁULICA	Esta base va empernada al motor para soportar el base que va empernada a la bomba hidráulica	15
SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO – ENSAMBLE 001V			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIOS
1V.1	BASE VALVULAS DE ALIVIO	Esta base le da firmeza a las válvulas, ya que en las mangueras ejercen mucha presión	10
1V.2	BASE SOPORTE VALVULAS DE ALIVIO	Este soporte va soldado al chasis y el soporte 1V.1	2
1V.3		Este soporte va soldado al chasis y el soporte 1V.1	2
1V.4	ABRAZADERA	Esta abrazadera fue diseñada para mantener fijas las mangueras de alta presión hacia el soporte 1V.1	1
RESERVORIO ACEITE HIDRAULICO– ENSAMBLE 001R			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIOS
1R.1	RESERVORIO DE ACEITE	Almacena el aceite hidráulico como también recibe el aceite del retorno de la bomba.	20
1R.2	BASE DE RESERVORIO ACEITE	Soporta el Reservorio de aceite con la carrocería del vehículo	6
1R.3	ABRAZADERA RESERVORIO DE ACEITE	Soporta el Reservorio de aceite con la carrocería del vehículo	4
1R.4	TUBERIA RETORNO DE ACEITE	Esta tubería está conectada a la manguera de retorno de la caja de válvulas	4
1R.5	TUBO INGRESO ACEITE	Por este tubo llenamos de aceite Hidráulico al reservorio	5
SOPORTE CAJA DE VALVULAS – ENSAMBLE 001C			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERISTICAS	PRECIOS
001C		Esta base fue diseñada para sujetar la caja de válvulas a la carrocería ya que aquí ejerce alta presión	15

RESERVORIO DE RETORNO – ENSAMBLE 001RR			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	PRECIOS
1RR.1	RESERVORIO	Aquí se almacena el aceite hidráulico que retorna de las válvulas de alivio	15
1RR.2	TAPA SUPERIOR RESERVORIO	Es la tapa para el selle hermético del reservorio	1
1RR.3	TAPA INFERIOR RESERVORIO	Es la tapa para el selle hermético del reservorio	1
1RR.4	Pipeta	Punta donde empata manguera de retorno de las válvulas de alivio al reservorio	1
1RR.5	Pipeta	Punta donde empata manguera de retorno, sale del reservorio de retorno para llegar al reservorio de aceite.	2
1RR.6	SOPORTE RESERVORIO RETORNO	Este soporte ayuda a que el reservorio de retorno este fijo a la carrocería.	2
VALOR TOTAL			136

Elaborado por: Alejandro Salazar

3.4.4. Costos Cilindros hidráulicos – Ensamblaje 001C LH Y RH

Tabla 3.9 Costos de partes de cilindros hidráulicos – Ensamblaje 001C LH Y RH

CILINDROS HIDRAULICOS – ENSAMBLAJE 001C LH			
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	PRECIOS
C1	BASTAGO	Sobre este va a ejercer todo el empuje del aceite hidráulico proporcionado por la caja de válvulas	150
C2	CILINDRO	Dentro de este cilindro va a hacer fricción el embolo	150
C3	SOPORTE CILINDRO A MANGUETA DEL VEHICULO	Esta base ayuda a fijar el cilindro hidráulico hacia la mangueta del vehículo, para así manipular la altura de la suspensión	30
C4	TAPA DE SELLE CILINDRO HIDRAULICO	Esta tapa ayuda a que el aceite hidráulico no fugue de los cilindros hidráulicos	20
VALOR TOTAL			350

CILINDROS HIDRAULICOS – ENSAMBLAJE 001CRH			
C1	BASTAGO	Sobre este va a ejercer todo el empuje del aceite hidráulico proporcionado por la caja de válvulas	150
C2	CILINDRO	Dentro de este cilindro va a hacer fricción el embolo	150
C3	SOPORTE CILINDRO A MANGUETA DEL VEHICULO	Esta base ayuda a fijar el cilindro hidráulico hacia la mangueta del vehículo, para así manipular la altura de la suspensión	30
C4	TAPA DE SELLE CILINDRO HIDRAULICO	Esta tapa ayuda a que el aceite hidráulico no fugue de los cilindros hidráulicos	20
VALOR TOTAL			350

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 3.10 Costos de Mangueras

CÓDIGO	INICIO MANGUERA (Código de la pieza)	TERMINACIÓN DE MANGUERA (Código de la pieza)	DIAMETRO INTERIOR (Pulg./mm)	DIAMETRO EXTERIOR (mm)	LARGO (mm)	TIPO DE PRESIÓN	PRESIÓN DE TRABAJO (PSI)	PRECIO (\$)
1MA.1	Reservorio de aceite (001R)	Bomba De Aceite	3/4 / 19.00	27.7	2700	Mediana Presión	1250	12
1MA.2	Bomba De Aceite	Caja De Mandos	3/8 / 9.5	19	2300	Alta Presión	4000	45
1MA.3	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico LH	3/8 / 9.5	19	700	Alta Presión	4000	13,7
1MA.4	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico LH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000	9,8
1MA.5	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico RH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000	9,8
1MA.6	Caja De Mando	Válvula de Alivio Cilindro Hidráulico RH	3/8 / 9.5	19	500	Alta Presión	4000	9,8
1MA.7	Válvula de Alivio	Cilindro LH	3/8 / 9.6	19	1650	Alta Presión	4000	32.3
1MA.8	Válvula de Alivio	Cilindro LH	3/8 / 9.7	19	1650	Alta Presión	4000	32.3
1MA.9	Válvula de Alivio	Cilindro RH	3/8 / 9.8	19	1000	Alta Presión	4000	19.6
1MA.10	Válvula de Alivio	Cilindro RH	3/8 / 9.9	19	1000	Alta Presión	4000	19.6
1MA.11	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250	2
1MA.12	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250	2
1MA.13	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250	2
1MA.14	Válvula de Alivio	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	500	Mediana Presión	1250	2
1MA.15	Reservorio de Retorno (001RR)	Reservorio de aceite (001R)	3/4 / 19.00	27.7	1600	Mediana Presión	1250	9
1MA.16	Caja De Mando	Reservorio de Retorno (001RR)	1/2 / 12.7	20.6	700	Mediana Presión	1250	3
							TOTAL	120,1

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 3.11 Resumen de costos

Descripción	Valor
Parte delantera	1,141
Parte posterior	938
Bases hidráulicas	136
Cilindros hidráulicos ensamblaje 001C LH	350
Cilindros hidráulicos ensamblaje 001C RH	350
Mangueras	120.1
TOTAL	3,035.10

Elaborado por: Alejandro Salazar

3.5. Comprobación del sistema

Tabla 3.12 Protocolo de pruebas de funcionamiento

TEMA:	Estudio para el diseño e implementación de un sistema de suspensión con válvulas hidráulicas adaptado para vehículos 4X4. Aplicación al vehículo Suzuki LJ50.
INSTITUCIÓN	UIDE
INSPECTOR:	ALEJANDRO SALAZAR
FECHA:	julio 2014
VERIFICACIÓN DE FISURAS EN SUELDAS	
PRUEBA:	Se colocó un montículo de tierra a 10 m de distancia del punto de partida del vehículo, el montículo tiene una altura de 1,30m. Se procedió a pasar este montículo a una velocidad de 50 km/h generando una caída brusca del vehículo de 2 m de altura. Posterior a esto verificamos fisuras de sueldas hechas en las piezas que sostienen las partes adaptadas como: Transmisiones, Amortiguadores, Helicoidales, Cilindros Hidráulicos.

CÓDIGO PIEZA	DESCRIPCIÓN DE PIEZA	CUMPLE	NO CUMPLE
001D	BASE CILINDRO HIDRAULICO LH	SI	
002D	BASE CILINDRO HIDRAULICO RH	SI	
003D	SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN RH	SI	
004D	SOPORTE EJE DE TRANSMISIÓN LH	SI	
005D	SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE MOTOR	SI	
006D	SOPORTE MESA DELANTERA RH FRENTE CAJA	SI	
007D	SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE MOTOR	SI	
008D	SOPORTE MESA DELANTERA LH FRENTE CAJA	SI	
009D	SOPORTE RESORTE LH	SI	
010D	SOPORTE RESORTE RH	SI	
011D	SOPORTE TRANSMISIÓN INFERIOR	SI	
001P	SOPORTE RESORTE RH	SI	
002P	SOPORTE RESORTE LH	SI	
003P	SOPORTE AMORTIGUADOR LH	SI	
004P	SOPORTE AMORTIGUADOR RH	SI	
005P	SOPORTE BARRA TENSORA FUERA LH	SI	
006P	SOPORTE BARRA TENSORA FUERA RH	SI	
007P	SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO LH	SI	
008P	SOPORTE BARRA TENSORA DENTRO RH	SI	
009P	SOPORTE CENTRAL EJE TRANSMISION	SI	

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 3.13 Verificación de hermeticidad y fugas del sistema hidráulico

	Una vez armado el sistema hidráulico procedemos a encender el motor del vehículo y acelerarlo a 5000 RPM, para que la bomba funcione y genere presiones en las Mangueras, Caja de Mandos y Cilindros Hidráulicos. Posterior a esto se observa hermeticidad y fugas en: Mangueras, Reservorios, Cilindros Hidráulicos.		
CÓDIGO PIEZA	DESCRIPCIÓN DE PIEZA	CUMPLE	NO CUMPLE
	BOMBA DE ACEITE	SI	
001R	RESRVORIO ACEITE HIDRAULICO	SI	
001RR	RESERVORIO DE RETORNO	SI	
001C LH	CILINDROS HIDRAULICOS LH	SI	
001C RH	CILINDROS HIDRAULICOS RH	SI	
1MA.1	MANGUERA RESERVORIO DE ACEITE A BOMBA DE ACEITE	SI	
1MA.2	MANGUERA BOMBA DE ACEITE A CAJA DE MANDOS	SI	
1MA.3	MANGUERA CAJA DE MANDOS A VALVULA DE ALIVIO LH	SI	
1MA.4	MANGUERA CAJA DE MANDOS A VALVULA DE ALIVIO LH	SI	
1MA.5	MANGUERA CAJA DE MANDOS A VALVULA DE ALIVIO RH	SI	
1MA.6	MANGUERA CAJA DE MANDOS A VALVULA DE ALIVIO RH	SI	
1MA.7	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A CILINDRO LH	SI	
1MA.8	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A CILINDRO LH	SI	
1MA.9	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A CILINDRO RH	SI	
1MA.10	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A CILINDRO RH	SI	
1MA.11	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A RESERVORIO DE RETORNO	SI	
1MA.12	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A RESERVORIO DE RETORNO	SI	
1MA.13	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A RESERVORIO DE RETORNO	SI	
1MA.14	MANGUERA VALVULA DE ALIVIO A RESERVORIO DE RETORNO	SI	
1MA.15	MANGUERA RESERVORIO DE RETORNO A RESERVORIO DE ACEITE	SI	
1MA.16	MANGUERA CAJA DE MANDOS A RESERVORIO DE RETORNO	SI	

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 3.14 Pruebas de funcionamiento sistema mecánico

PRUEBA:	Se conectó la doble transmisión en 4L y al mismo tiempo de accionar los candados de la transmisión, luego de esto circulamos un tramo de 100 m por un camino con mucho lodo y piedra. En el trayecto de los 100 m observamos el funcionamiento de: Transmisiones, Caja de Cambios, Cardanes, Ejes de transmisión, Frenos, Amortiguadores.		
CÓDIGO PIEZA	DESCRIPCIÓN DE PIEZA	CUMPLE	NO CUMPLE
	TRANSMISION DELANTERA	SI	
	TRANSMISION POSTERIOR	SI	
	CAJA DE CAMBIOS	SI	
	CAJA DE TRANSFERENCIA	SI	
	CARDAN DELANTERO	SI	
	CARDAN POSTERIOR	SI	
	EJE TRANSMISION DELANTERA LH	SI	
	EJE TRANSMISION DELANTERA RH	SI	
	FRENOS	SI	
	AMORTIGUADOR POSTERIOR LH	SI	
	AMORTIGUADOR POSTERIOR RH	SI	
	CILINDRO HIDRAULICO LH	SI	
	CILINDRO HIDRAULICO RH	SI	
OBSERVACIONES:	El vehículo adquirió un mayor torque al rodar con la doble transmisión por la mayor relación de transmisión que posee el cono y corona de Vitara.		

Elaborado por: Alejandro Salazar

Tabla 3.15 Comprobación del funcionamiento del sistema hidráulico

PRUEBA:	Recorrimos un trayecto de 50 m con mucho fango y piedra, en los pequeños trayectos que el fango frenaba el vehículo y ni con su gran torque que ejercen las transmisiones en los 4 neumáticos logramos salir, accionamos los cilindros hidráulicos para ejercer una mayor presión de los neumáticos sobre el fango y así logramos salir.		
CÓDIGO PIEZA	DESCRIPCIÓN DE PIEZA	CUMPLE	NO CUMPLE
	BOMBA HIDRAULICA	SI	
	CILINDRO HIDRAULICO LH	SI	
	CILINDRO HIDRAULICO RH	SI	
	CAJA DE MANDOS	SI	
	MANGUERAS DE PRESIÓN	SI	
	VALVULAS DE ALIVIO	SI	
SE ACEPTA EL PROTOTIPO: SI <u>X</u> NO _ _			
OBSERVACIONES:	ACCIONAR LAS VALVULAS DE ALIVIO CUANDO NO SE VAYA A USAR LOS CILINDROS HIDRAULICOS PARA QUE ASI HAYA UN MEJOR RESORTEO AL RECORRER CAMINOS IRREGULARES.		

Elaborado por: Alejandro Salazar

CAPITULO 4

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- De acuerdo a los objetivos planteados para el presente estudio, se ha presentado la revisión bibliográfica como base para la comprensión del tema y la posterior aplicación. Ha sido posible seleccionar la mejor alternativa en relación a los amortiguadores más adecuados para el sistema de suspensión hidráulica a implementar.
- Se ha cumplido el diseño adaptando un sistema mediante válvulas hidráulicas para controlar la altura de la suspensión de un vehículo, Suzuki LJ50 4x4, desde el habitáculo por medio de palancas
- Se ha ejecutado el montaje del sistema de suspensión diseñado mediante la adaptación de los elementos necesarios, considerando para ello la utilización del equipo original Suzuki LJ50 4x4; la adaptación con piezas provenientes de un automóvil Vitara, debiendo además construir piezas para acoplar de mejor forma las diferentes partes.
- Se ha seleccionado la caja de válvulas idónea para el sistema de suspensión hidráulica, como es la caja de válvulas de doble efecto,

Como se ha podido observar en las fotografías, se ha modificado todo el sistema de suspensión delantero para que sea independiente.

- Finalmente y como se ha previsto, siguiendo un formato planteado en el punto 3.5 (Comprobación del sistema), se han realizado las pruebas necesarias que garanticen un buen funcionamiento y puesta a punto del sistema de suspensión propuesto, demostrándose de forma práctica en situaciones complejas para un mejor rendimiento inclusive en competencias 4x4.

4.2. Recomendaciones

- Para efectos de diseños similares se recomienda considerar utilidad de piezas versus tiempos y costos.
- Se sugiere que para trabajos similares en la misma marca u otra similar se escojan adecuadamente los accesorios o partes a reemplazarse, lo cual implica calidad y acople lo más cercano al original.
- Se ha ejecutado el montaje del sistema de suspensión diseñado mediante la adaptación de los elementos necesarios, considerando para ello la utilización del equipo original Suzuki LJ50 4x4; la adaptación con

piezas provenientes de un automóvil Vitara, debiendo además construir piezas para acoplar de mejor forma las diferentes partes.

- Para una posterior implementación de este tipo de sistema se recomienda el estudio a profundidad del presente documento, a través del cual sería posible obtener los mismos resultados.
- Se recomienda finalmente que al igual que se ha realizado el presente proyecto en el vehículo SuzukiLJ50, puedan realizarse pruebas e implementaciones a otros vehículos también de alto rendimiento como son por ejemplo el Chevrolet Vitara, El Toyota LandCruiser, entre otros vehículos que muestran alto rendimiento para este tipo de aplicación.

BIBLIOGRAFÍA

- Alberdi Urbietta J. (2013). *Manuales de automoción. Suspensión y amortiguadores. Campus tecnológico de la Universidad de Navarra. Disponible en: 4*. Obtenido de www.tecnun.es/automocion
- Amortiguadores, G. (s.f.). *www.gabriel.com.mx*. Obtenido de www.gabriel.com.mx.
- Automóvil, M. D. (2010). *Barras de torsión*. Madrid: Cultural S.A.
- Avallone, E. (2002). *Manual del Ingeniero Mecánico*. USA: 3ra. Edición. (Tomo I y II). Editorial MacGraw-Hill.
- Barriga J y Paredes H. (2009). *Software de control y registro de asistencia técnica Automotriz para vehículos y maquinaria pesada del H. Consejo provincial de Chimborazo*". Riobamba: ESPOCH.
- CEAC. (2008). *Manual del automóvil*. Madrid España.: Edición MMVI, editorial Cultural S.A., .
- Chudakov A. (2000). *Fundamentos de la teoría y el cálculo de tractores y automóviles*. Moscú: Editorial MIR; Versión español.
- Crouse W. (2005). *Equipo eléctrico del automóvil. Descripción, funcionamiento y conservación*. . Barcelona.: 3ª edición española Ediciones Técnicas Marcombo. .
- López J. (2009). *Diseño y construcción de un remolque con capacidad para dos motocicletas. Proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico*. Obtenido de escuela politécnica nacional: [http:// bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1170/1/CD-2022.pdf](http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/1170/1/CD-2022.pdf)
- Luque P. (2009). *Ingeniería del automóvil*. España: Thompson.
- Luque, P. (2004). *Ingeniería del automóvil*. Madrid España: Thompsom.
- Pérez M. (2011). *Circuitos de fluidos. Suspensión y dirección* . Madrid: Editorial Paraninfo.
- Pérez, J. A. (1996). *Mecánica Del Automovil*. Madrid. Obtenido de <http://www.mitaller.com/content/tipos-amortiguador>
- Picabea a y Ortega J. (2010.). *Mantenimiento preventivo del vehículo*. Madrid,: Arán Ediciones, S.A., 1ª ed.,.
- Rojas.M. (2010). *Capacitación Mecánica Automotriz*. México: Inepac. .
- Universidad de Navarra. (2011). *Sistema de suspensión*. Obtenido de http://www.imac.unavarra.es/web_imac/pages/docencia/ asignaturas/maquinas-iti/Trabajos/Amortiguadores.pdf
- www.aficionadosalamecanica.net. (s.f.). Obtenido de <http://www.aficionadosalamecanica.net/suspension3.htm>
- www.gabriel.com.mx. (s.f.). *www.gabriel.com.mx*. Obtenido de www.gabriel.com.mx: <http://www.gabriel.com.mx/ES/Asesoriatecnica/Paginas/Sistemadesuspension.aspx>

www.todoautos.com.pe. (s.f.). *suspension independiente Mc Phearson*. Obtenido de <http://www.todoautos.com.pe/portal/autos/200-especiales/2379-suspension-independiente-mcpherson>

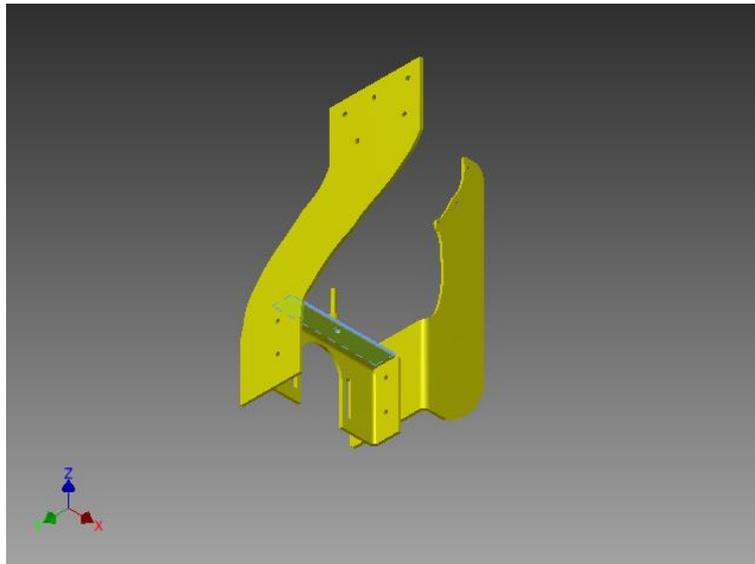
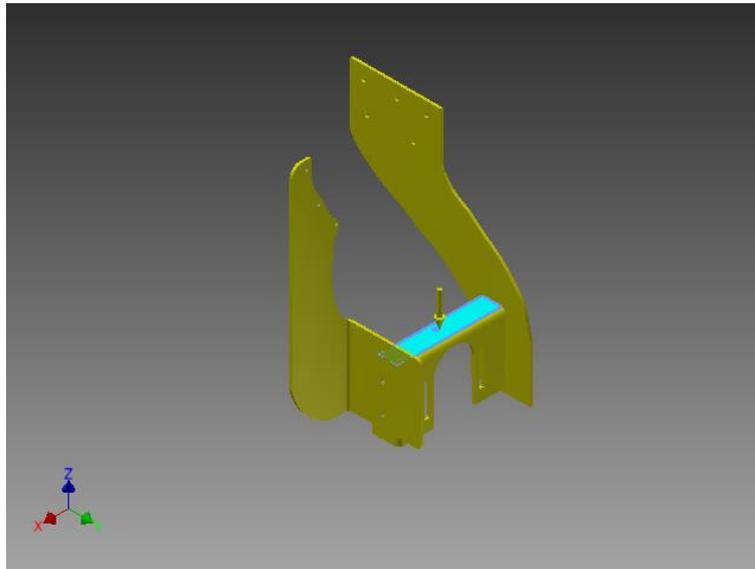
ANEXOS

Anexo 1 Análisis de Tensión 001B

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	500,000 N
Vector X	-0,000 N
Vector Y	-0,000 N
Vector Z	-500,000 N

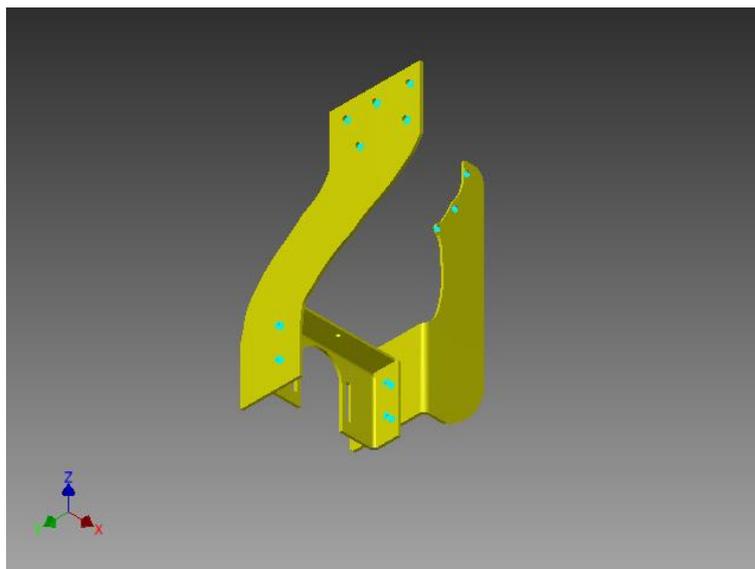
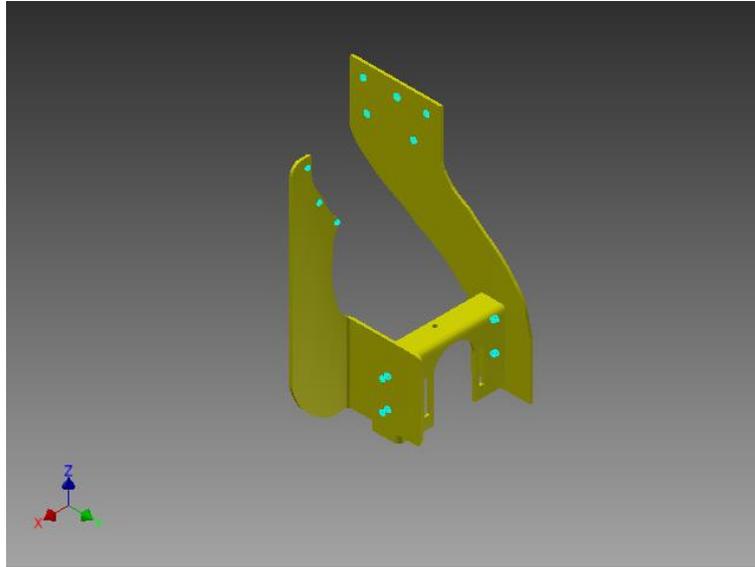
Cara(s) seleccionada(s)



☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



Contactos (Fijado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	1B.1:1 1B.2:1
Fijado:2	1B.1:1 1B.2:1

Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	500 N	0 N	40,0034 N m	38,0977 N m
		0 N		-11,8513 N m
		500 N		-2,89568 N m

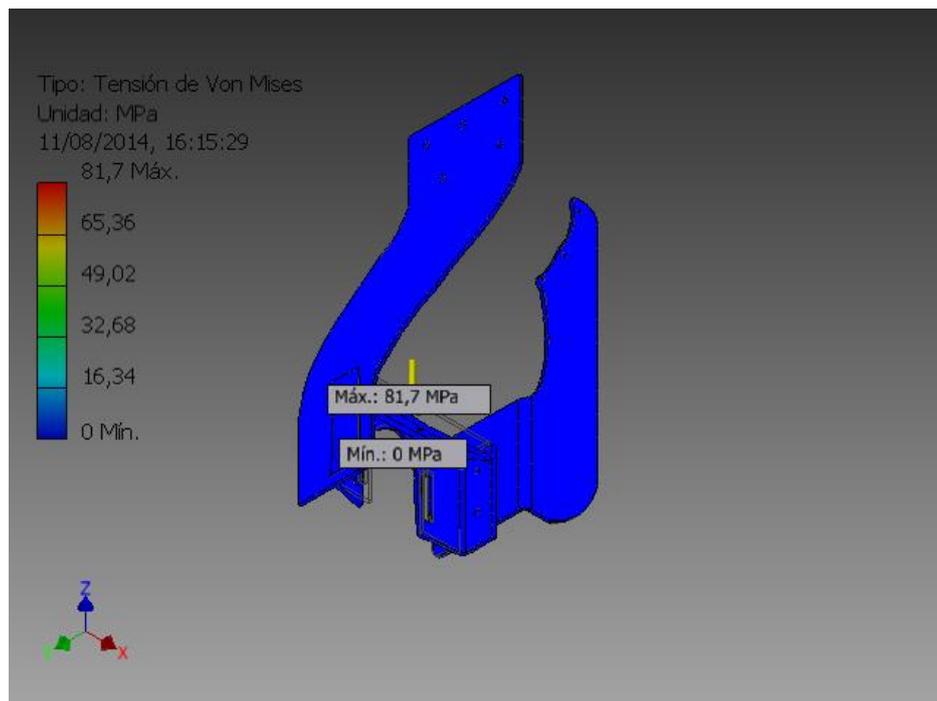
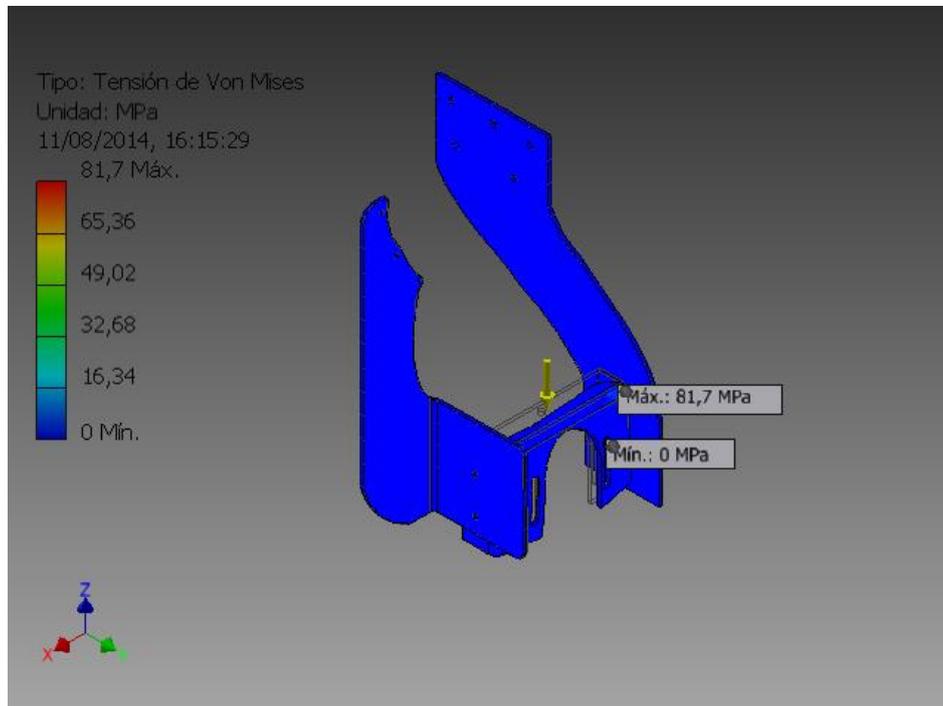
☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	796046 mm ³	
Masa	6,26488 kg	
Tensión de Von Mises	0 MPa	81,7014 MPa
Primera tensión principal	-13,7377 MPa	42,1187 MPa
Tercera tensión principal	-89,901 MPa	7,87448 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0886753 mm
Coefficiente de seguridad	4,67181 su	15 su
Tensión XX	-21,3117 MPa	11,4172 MPa
Tensión XY	-30,1779 MPa	20,5386 MPa
Tensión XZ	-24,5797 MPa	16,0034 MPa
Tensión YY	-70,808 MPa	35,0613 MPa
Tensión YZ	-25,4418 MPa	13,815 MPa
Tensión ZZ	-75,9054 MPa	42,0278 MPa
Desplazamiento X	-0,0104188 mm	0,0046078 mm
Desplazamiento Y	-0,0198524 mm	0,0341697 mm
Desplazamiento Z	-0,0864196 mm	0,00239813 mm
Deformación equivalente	0 su	0,000361514 su
Primera deformación principal	0 su	0,000217664 su
Tercera deformación principal	-0,00040786 su	0 su
Deformación XX	-0,0000795402 su	0,0000873154 su
Deformación XY	-0,000194647 su	0,000132474 su
Deformación XZ	-0,000158539 su	0,000103222 su
Deformación YY	-0,000284711 su	0,000139344 su
Deformación YZ	-0,0001641 su	0,0000891071 su
Deformación ZZ	-0,000352333 su	0,000217078 su
Presión de contacto	0 MPa	4,42896 MPa
Presión de contacto X	-4,04065 MPa	3,8431 MPa

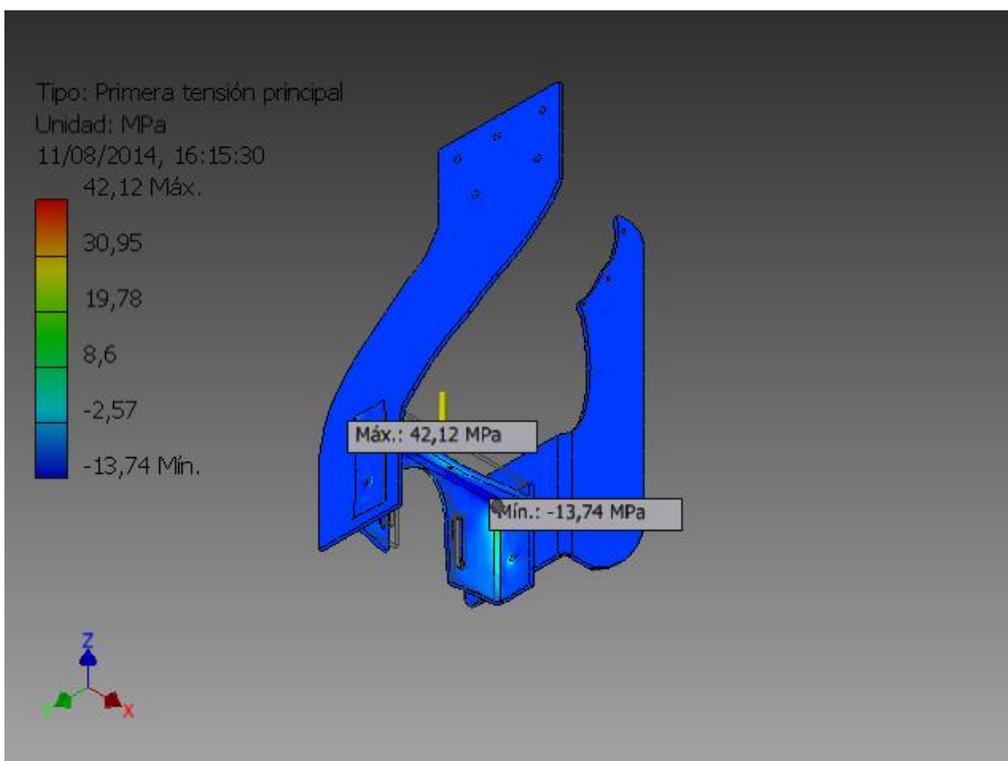
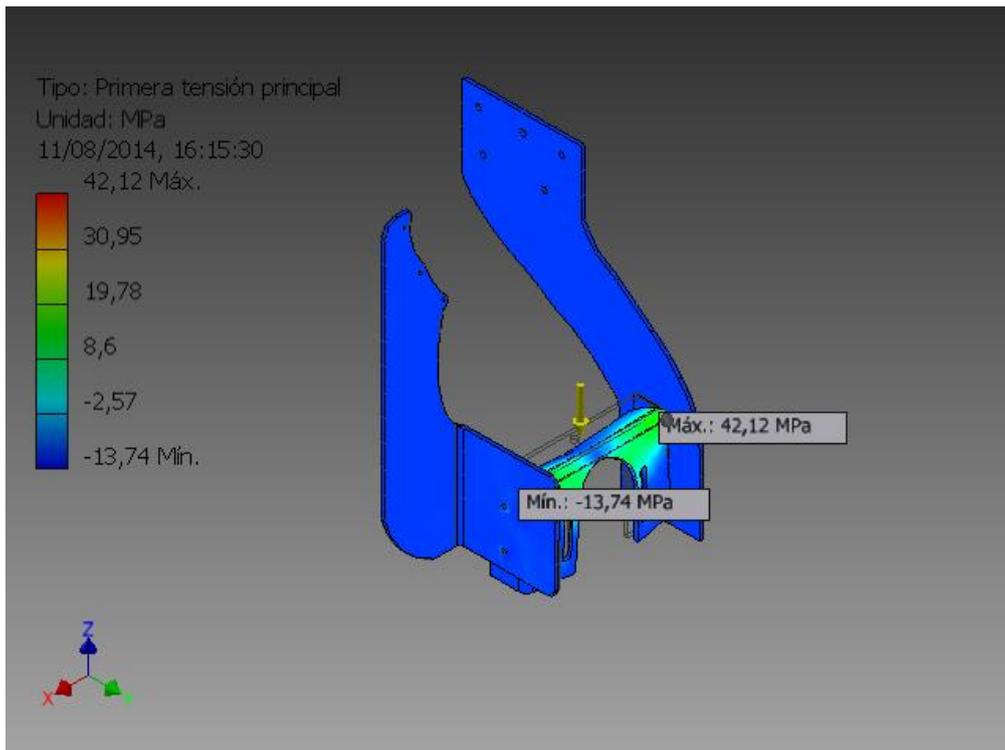
Presión de contacto Y	-2,02895 MPa	2,28873 MPa
Presión de contacto Z	-1,17883 MPa	1,13271 MPa

Figuras

Tensión de Von Mises



☐ Primera tensión principal

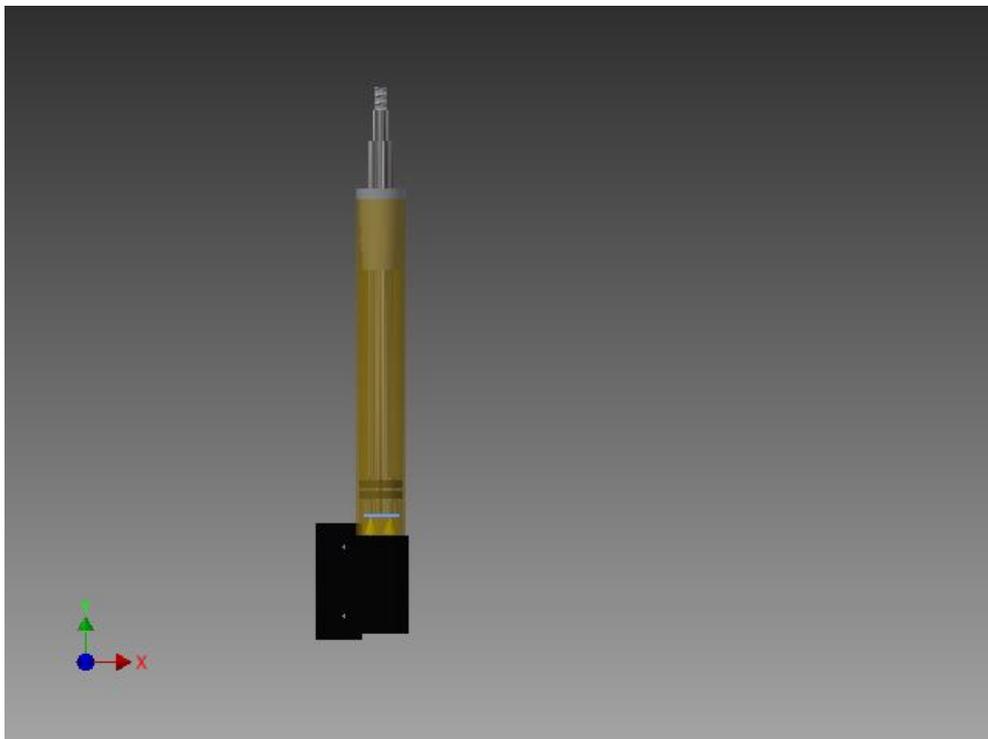


Anexo 2 Análisis de Tensión 001C

☐ Presión:1

Tipo de carga	Presión
Magnitud	20.680 MPa

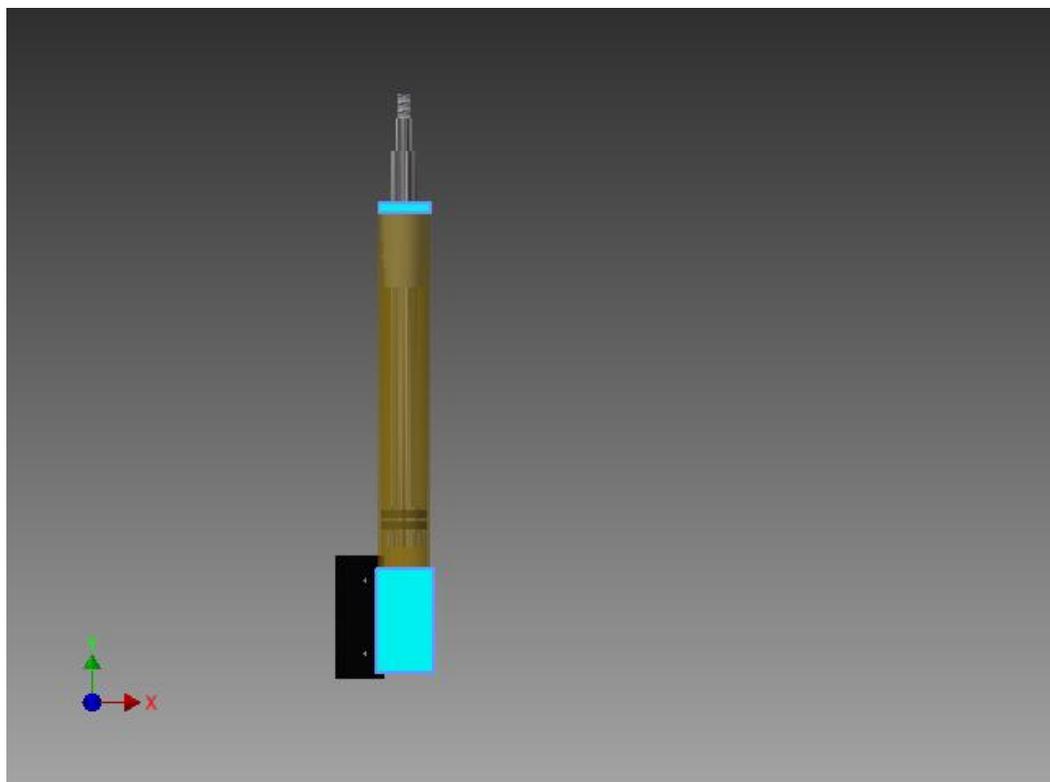
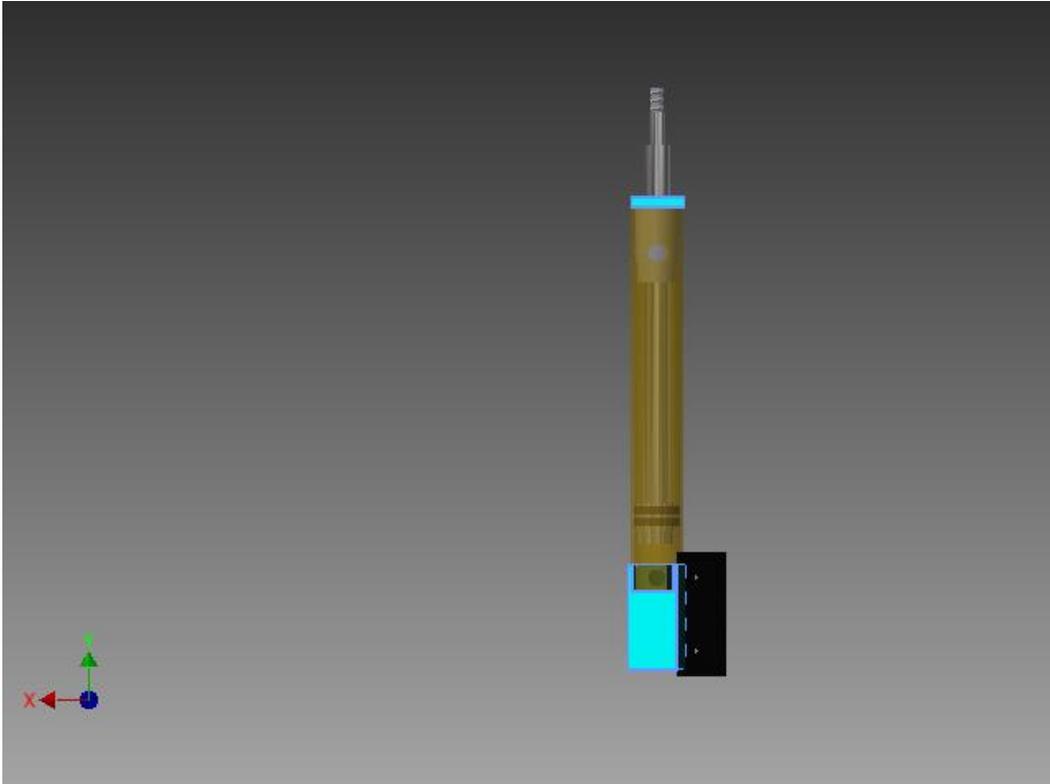
☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

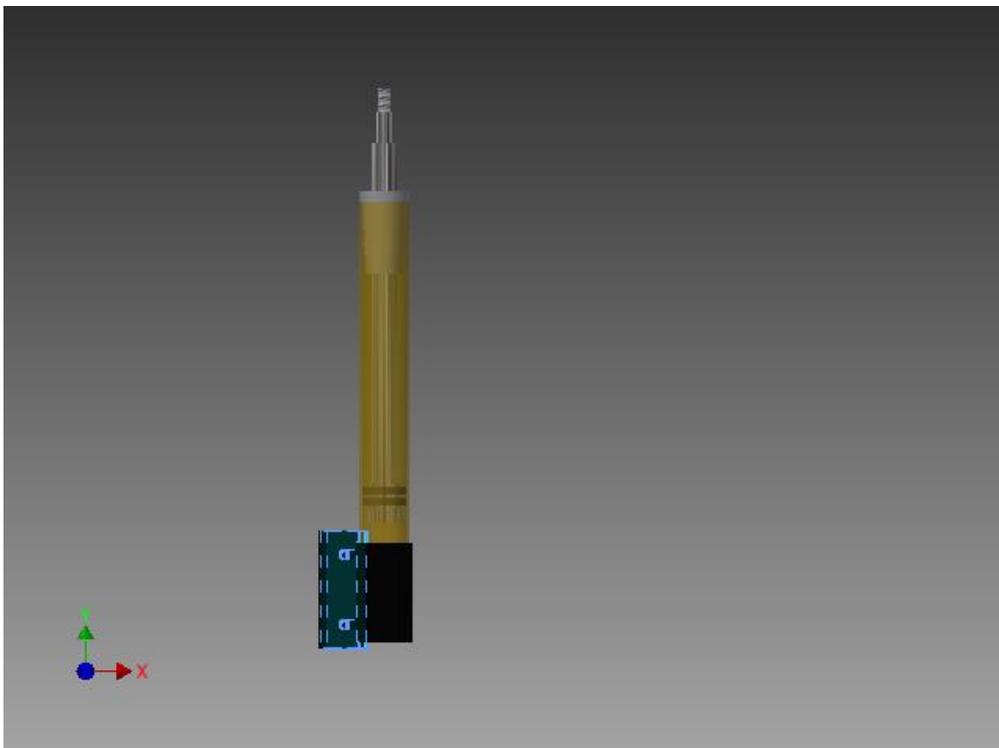
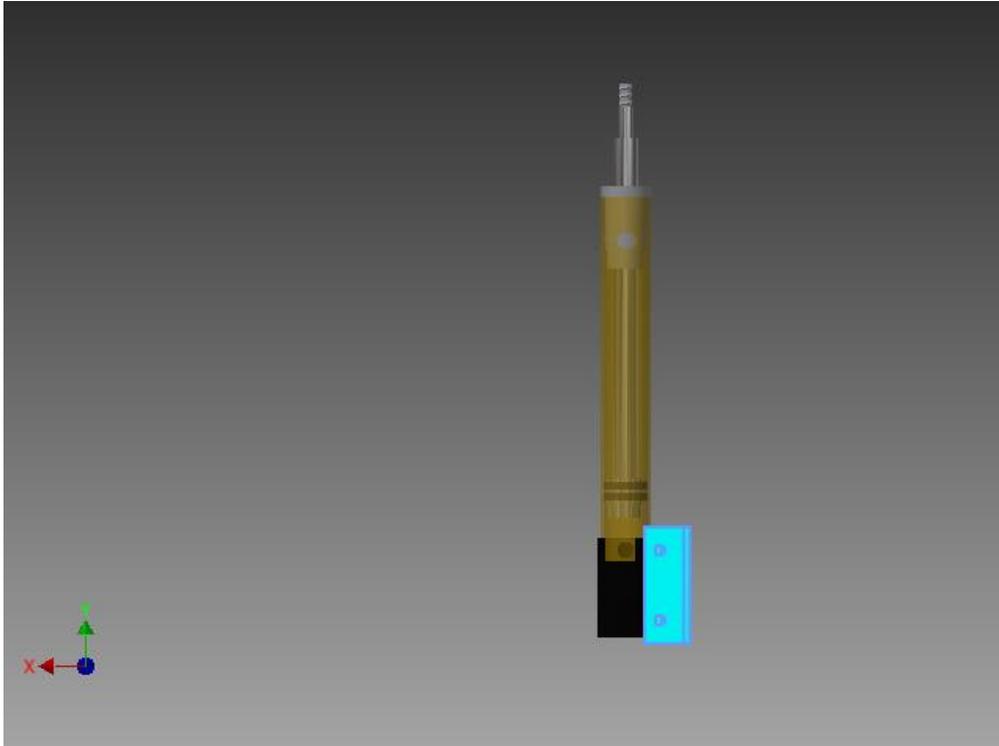
☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Restricción fija:2

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Contactos (Fijado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	C2:1 C3:1
Fijado:2	C2:1 C4:1
Fijado:3	C2:1 C4:1
Fijado:4	C4:1 C1:1
Fijado:5	C4:1 C1:1

☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	17902,1 N	0 N	107,495 N m	-58,7988 N m
		-17902,1 N		0 N m
		0 N		89,9885 N m
Restricción fija:2	10,8694 N	-1,54261 N	0,170831 N m	0,0512955 N m
		-10,714 N		-0,00370066 N m
		-0,987118 N		-0,162906 N m

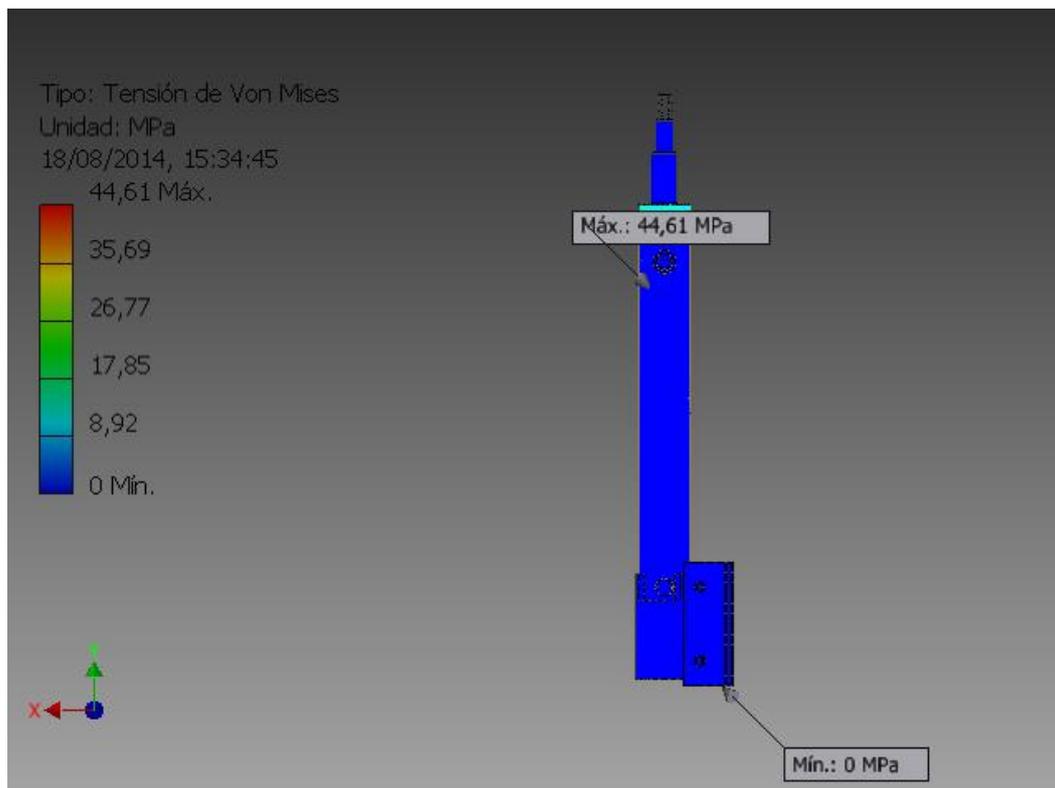
☐ Resumen de resultados

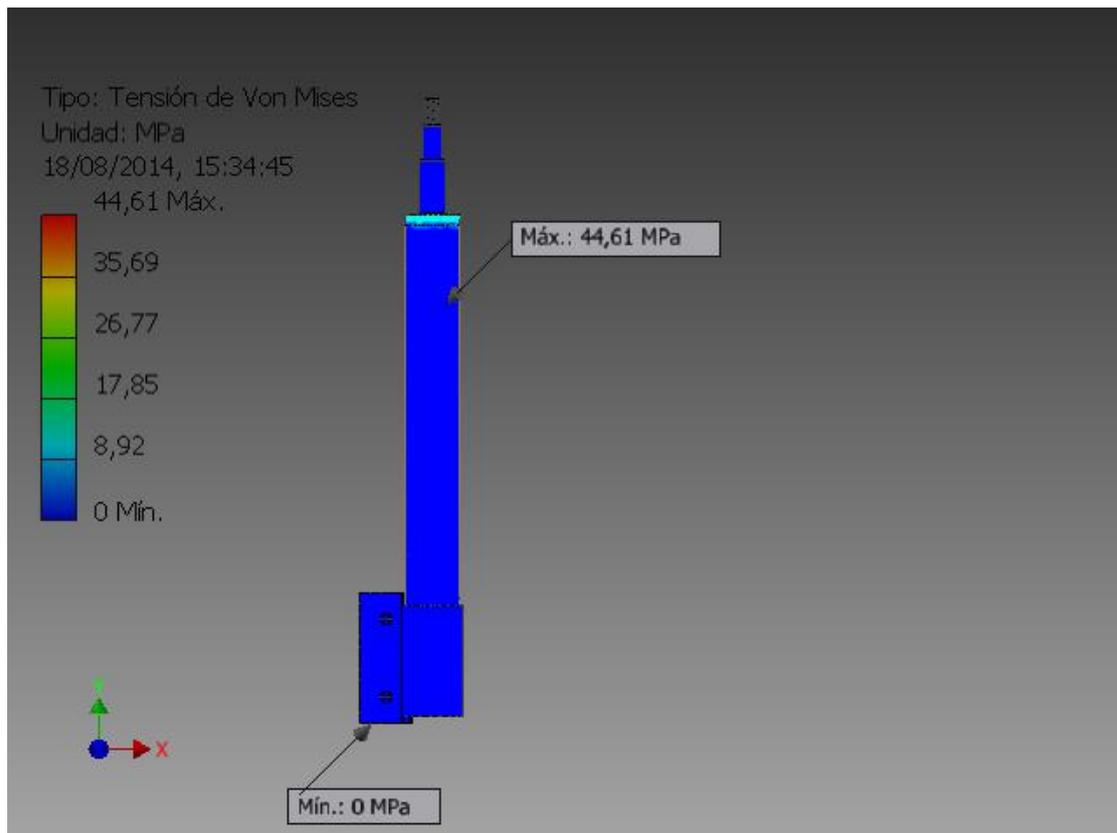
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	626522 mm ³	
Masa	4,92839 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000000469939 MPa	44,6135 MPa
Primera tensión principal	-7,70577 MPa	17,6117 MPa
Tercera tensión principal	-49,8828 MPa	6,84408 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0569963 mm
Coefficiente de seguridad	8,41973 su	15 su
Tensión XX	-26,3553 MPa	13,5495 MPa
Tensión XY	-17,3653 MPa	15,2937 MPa
Tensión XZ	-8,41612 MPa	8,99074 MPa
Tensión YY	-49,1877 MPa	14,4377 MPa
Tensión YZ	-15,9116 MPa	15,4309 MPa
Tensión ZZ	-25,433 MPa	14,9617 MPa
Desplazamiento X	-0,000673787 mm	0,00171123 mm
Desplazamiento Y	-0,00000994899 mm	0,0569633 mm
Desplazamiento Z	-0,000699638 mm	0,00127901 mm

Deformación equivalente	0,00000000000231475 su	0,000201006 su
Primera deformación principal	-0,000000000157056 su	0,0000965301 su
Tercera deformación principal	-0,000233841 su	0,0000000000624156 su
Deformación XX	-0,000108976 su	0,000067026 su
Deformación XY	-0,000112006 su	0,0000986445 su
Deformación XZ	-0,000054284 su	0,0000579903 su
Deformación YY	-0,000229358 su	0,0000660181 su
Deformación YZ	-0,00010263 su	0,0000995296 su
Deformación ZZ	-0,000105868 su	0,0000665599 su
Presión de contacto	0 MPa	123,159 MPa
Presión de contacto X	-74,1074 MPa	63,5627 MPa
Presión de contacto Y	-90,7474 MPa	105,53 MPa
Presión de contacto Z	-62,1693 MPa	67,8666 MPa

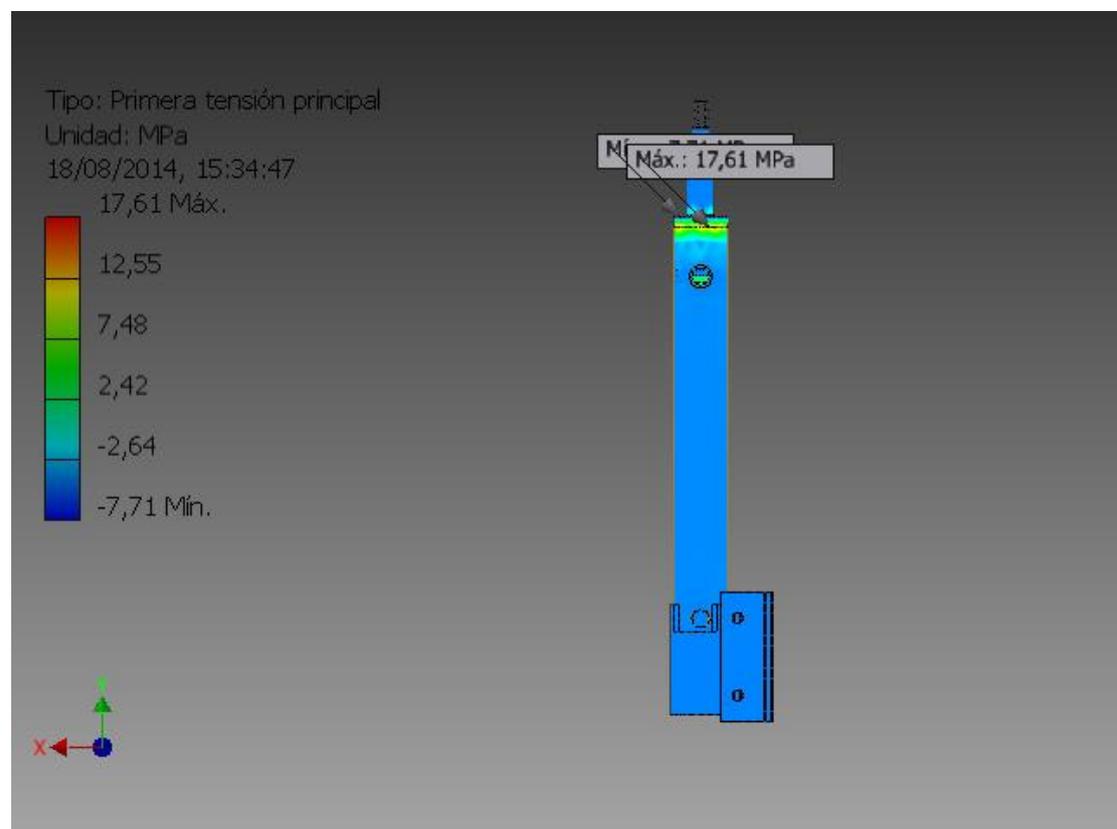
Figuras

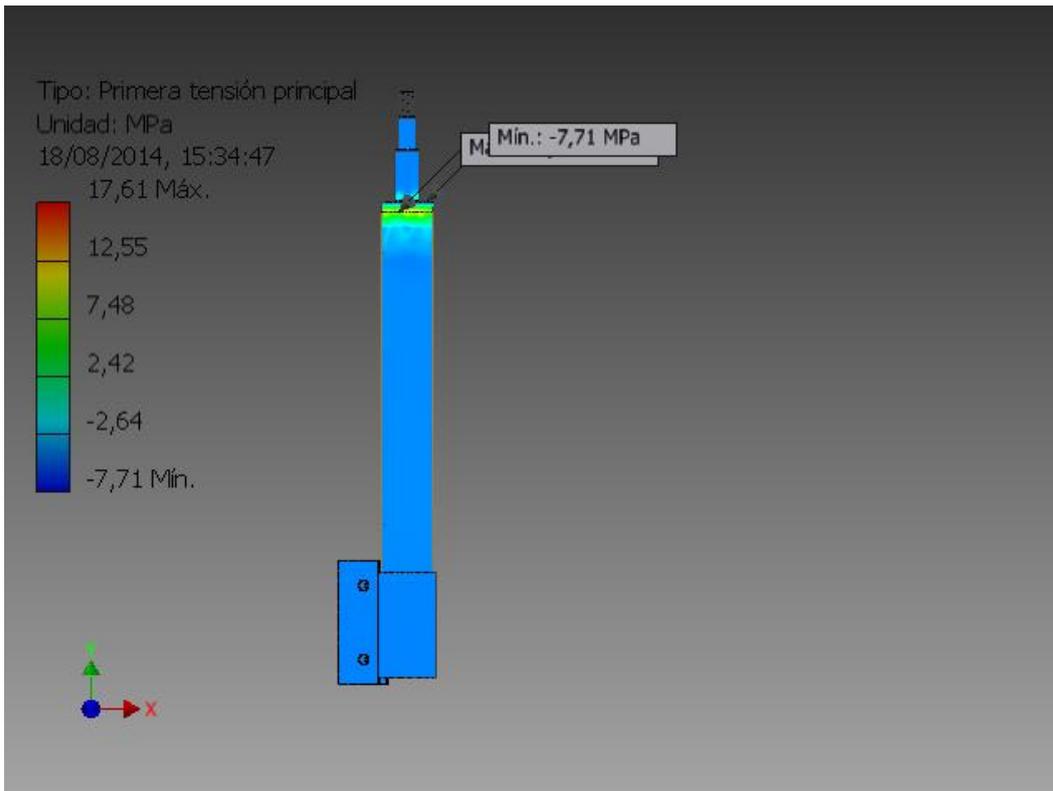
Tensión de Von Mises





☐ Primera tensión principal



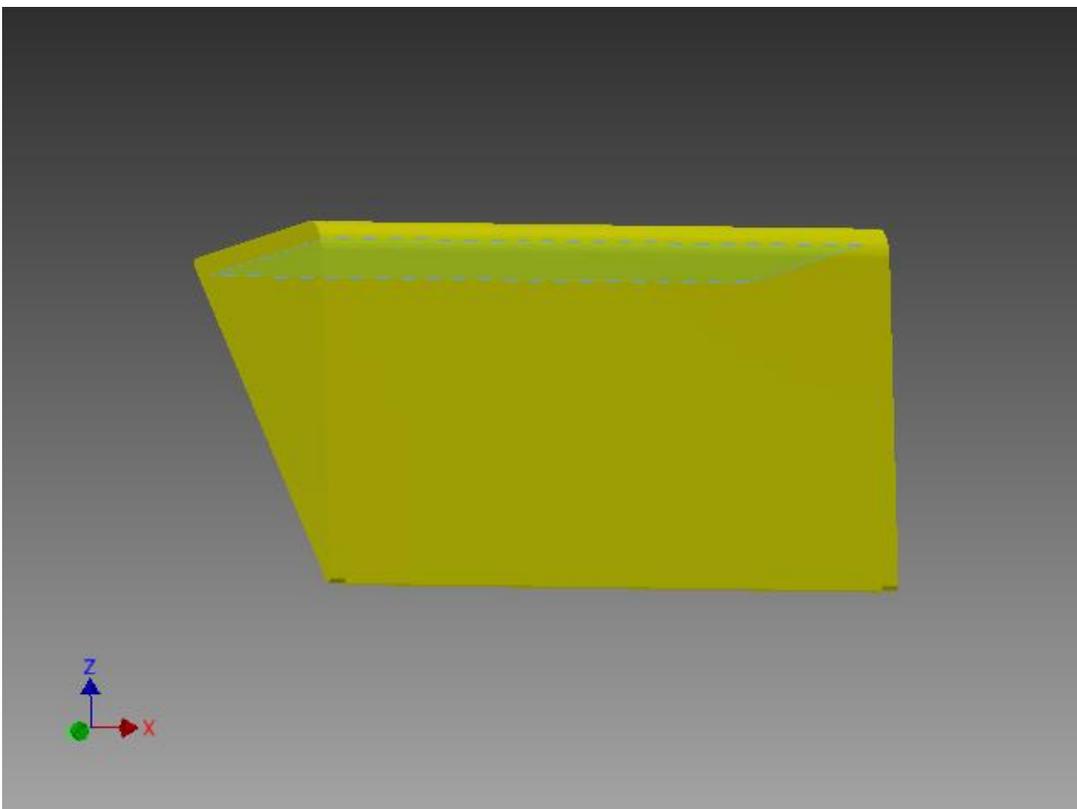
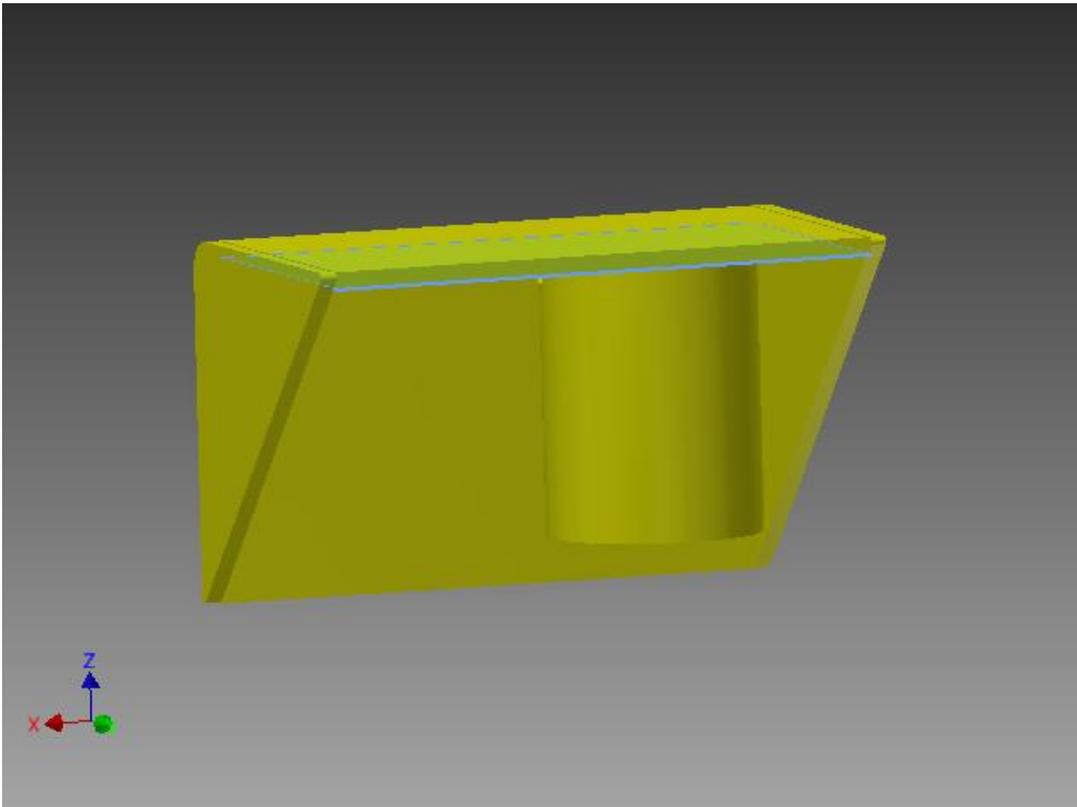


Anexo 3 Análisis de Tensión 001P

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	500,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-0,000 N
Vector Z	500,000 N

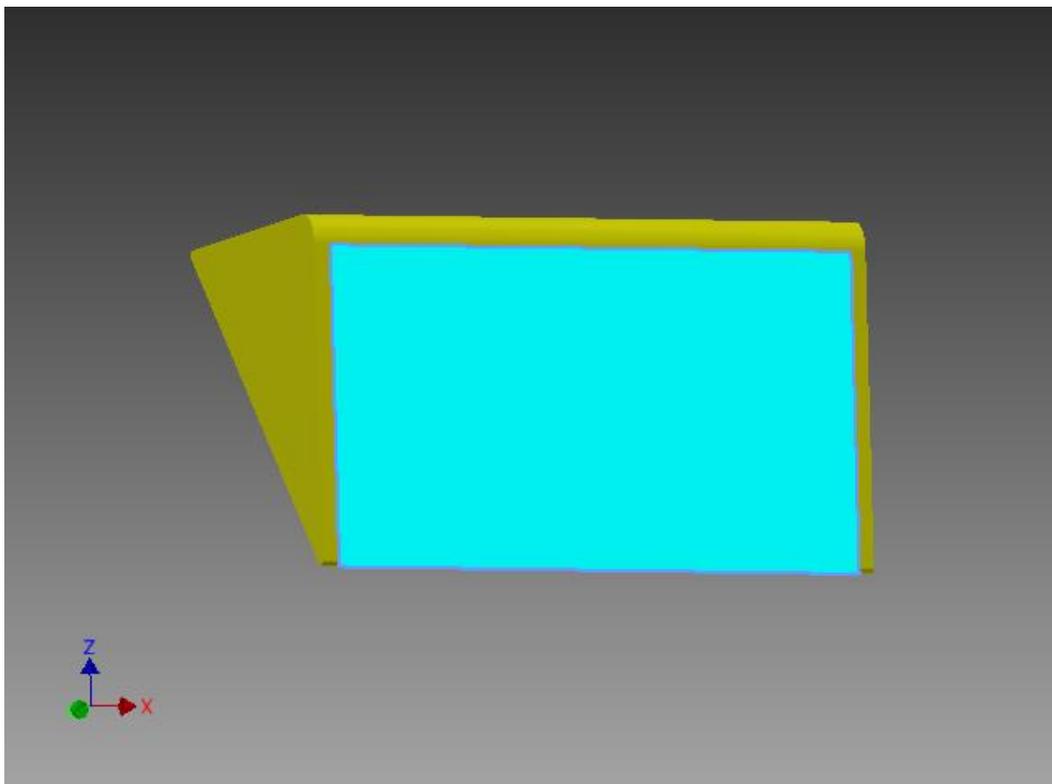
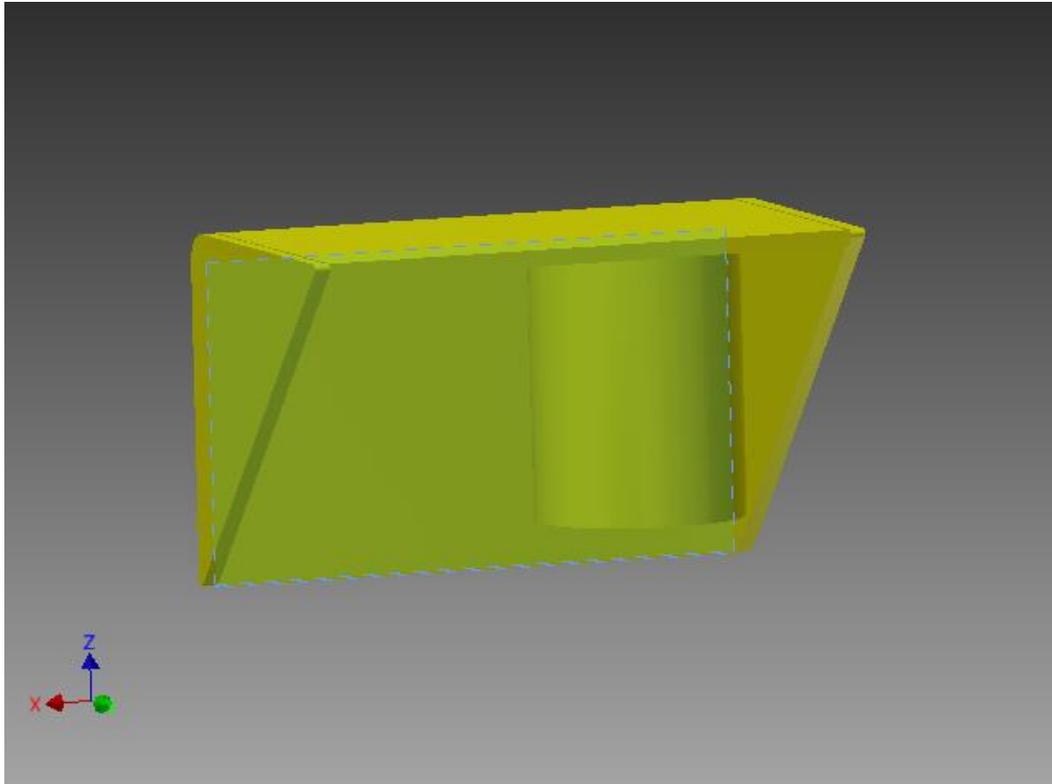
☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Contactos (Fijado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:2	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:3	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:4	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:5	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:6	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:7	1P.1:1 1P.4:1

☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	500 N	0 N	35,249 N m	-35,2367 N m
		0 N		-0,461522 N m
		-500 N		0,806866 N m

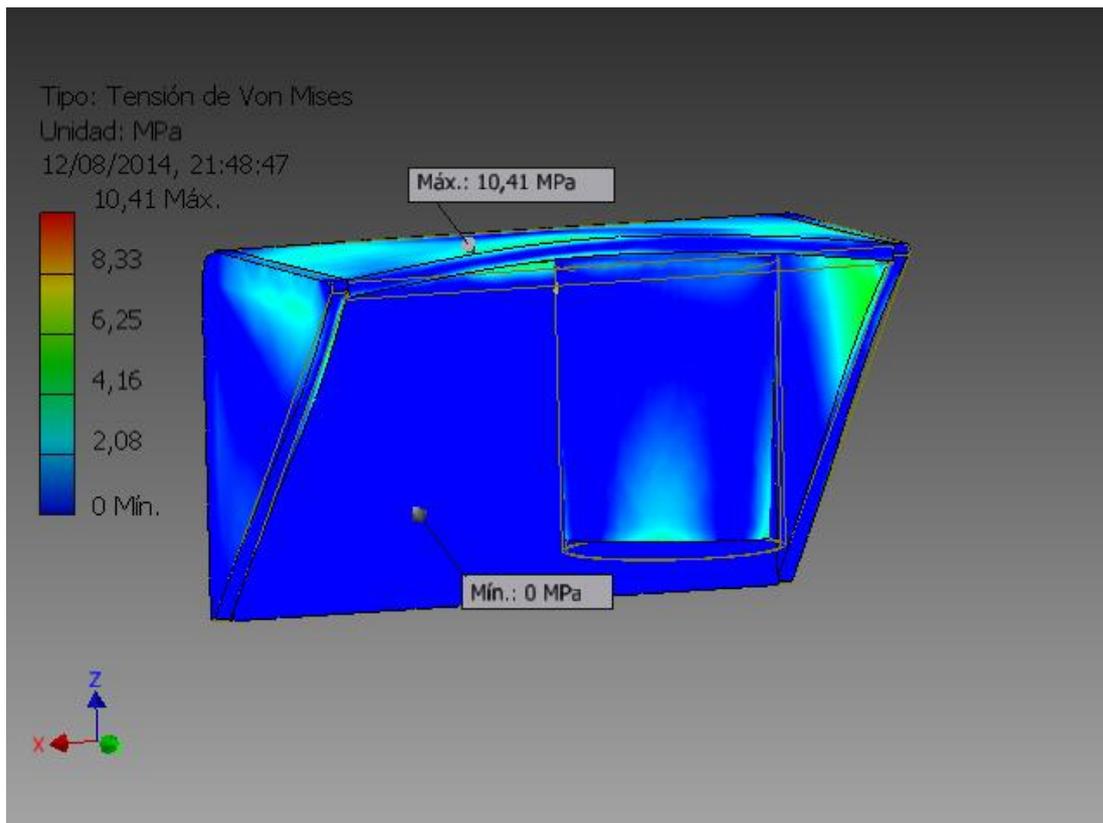
☐ Resumen de resultados

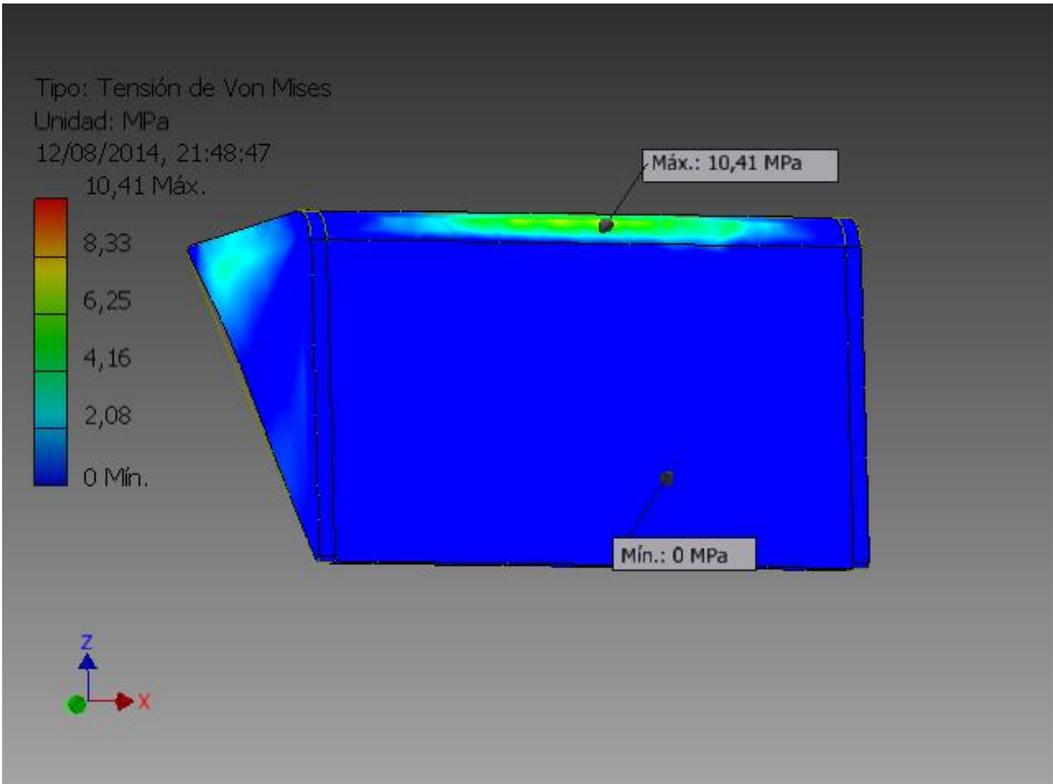
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	441902 mm ³	
Masa	3,47777 kg	
Tensión de Von Mises	0,00000586184 MPa	10,4103 MPa
Primera tensión principal	-1,27721 MPa	12,1587 MPa
Tercera tensión principal	-9,38991 MPa	2,43159 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0559049 mm
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-6,06943 MPa	5,81713 MPa
Tensión XY	-2,67155 MPa	2,5485 MPa
Tensión XZ	-1,27007 MPa	1,49205 MPa
Tensión YY	-6,33745 MPa	7,88843 MPa
Tensión YZ	-4,91033 MPa	5,81872 MPa
Tensión ZZ	-5,17063 MPa	7,68629 MPa
Desplazamiento X	-0,009528 mm	0,0311174 mm
Desplazamiento Y	-0,00175587 mm	0,0396662 mm
Desplazamiento Z	-0,0000777085 mm	0,0380898 mm

Deformación equivalente	0,0000000000376557 su	0,0000476224 su
Primera deformación principal	-0,000000853784 su	0,0000546222 su
Tercera deformación principal	-0,0000440921 su	-0,00000000000771849 su
Deformación XX	-0,000029882 su	0,0000283372 su
Deformación XY	-0,0000172315 su	0,0000164379 su
Deformación XZ	-0,00000819196 su	0,00000962374 su
Deformación YY	-0,000029011 su	0,0000324364 su
Deformación YZ	-0,0000316716 su	0,0000375307 su
Deformación ZZ	-0,0000218549 su	0,0000338326 su
Presión de contacto	0 MPa	23,0535 MPa
Presión de contacto X	-15,7227 MPa	20,2451 MPa
Presión de contacto Y	-13,3331 MPa	10,5715 MPa
Presión de contacto Z	-15,3168 MPa	13,3284 MPa

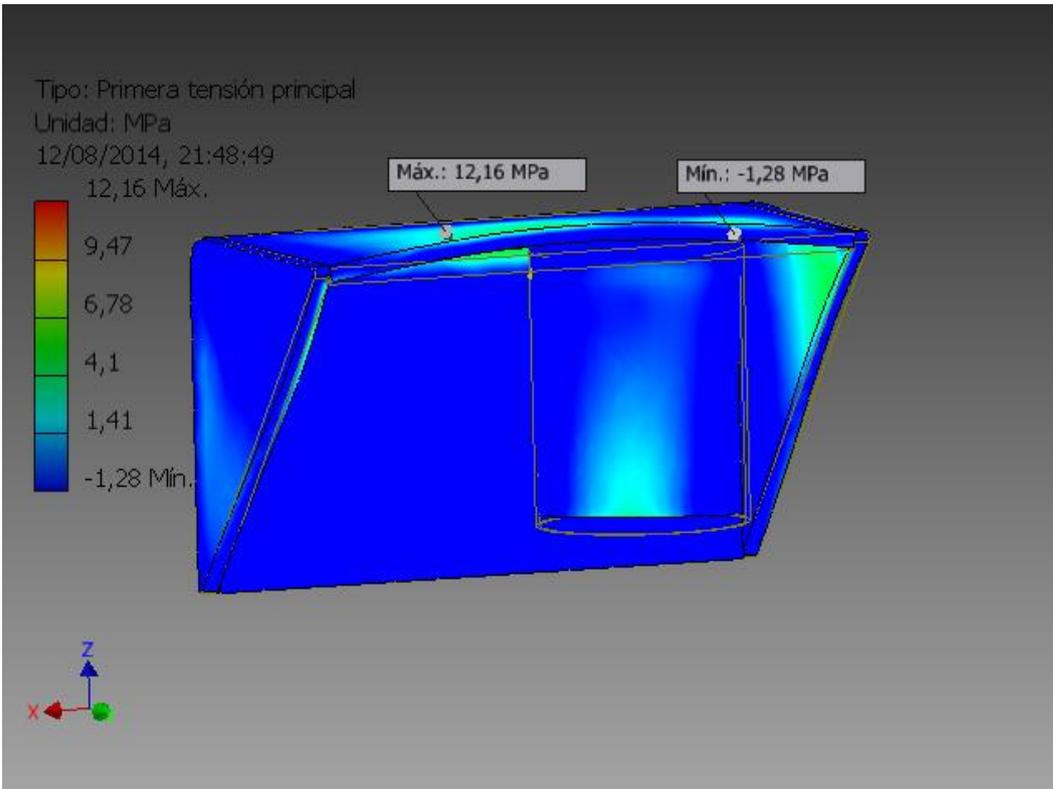
Figuras

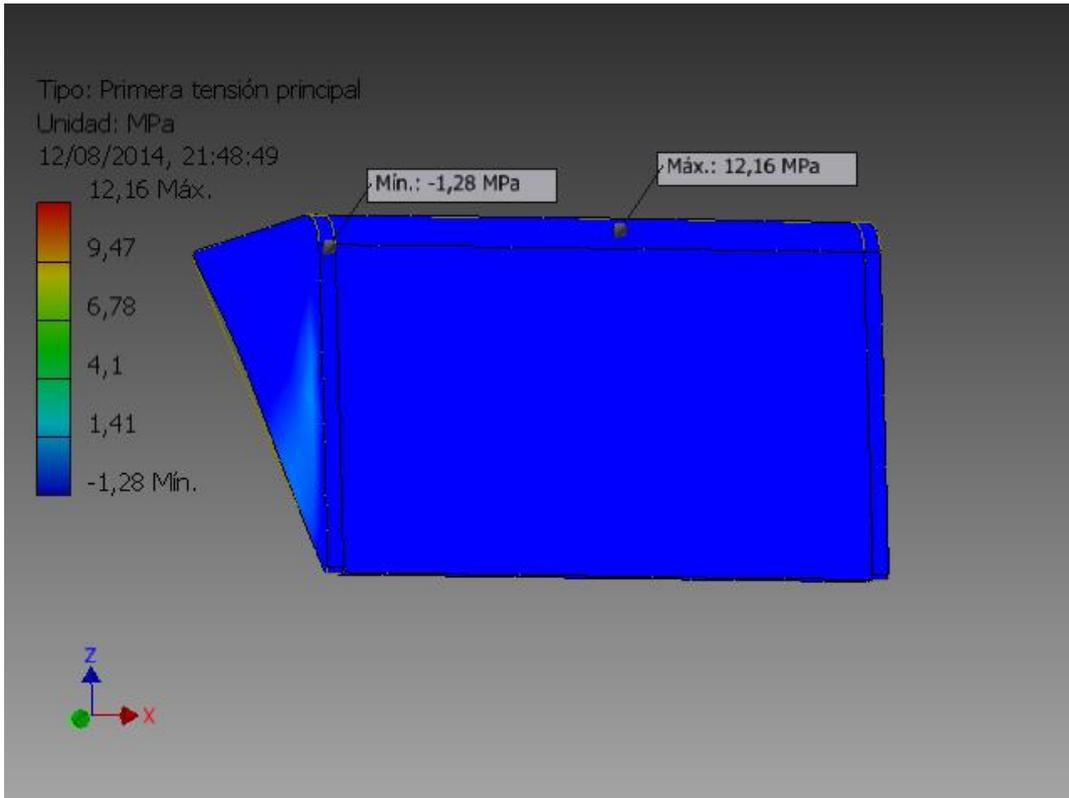
Tensión de Von Mises





☐ Primera tensión principal



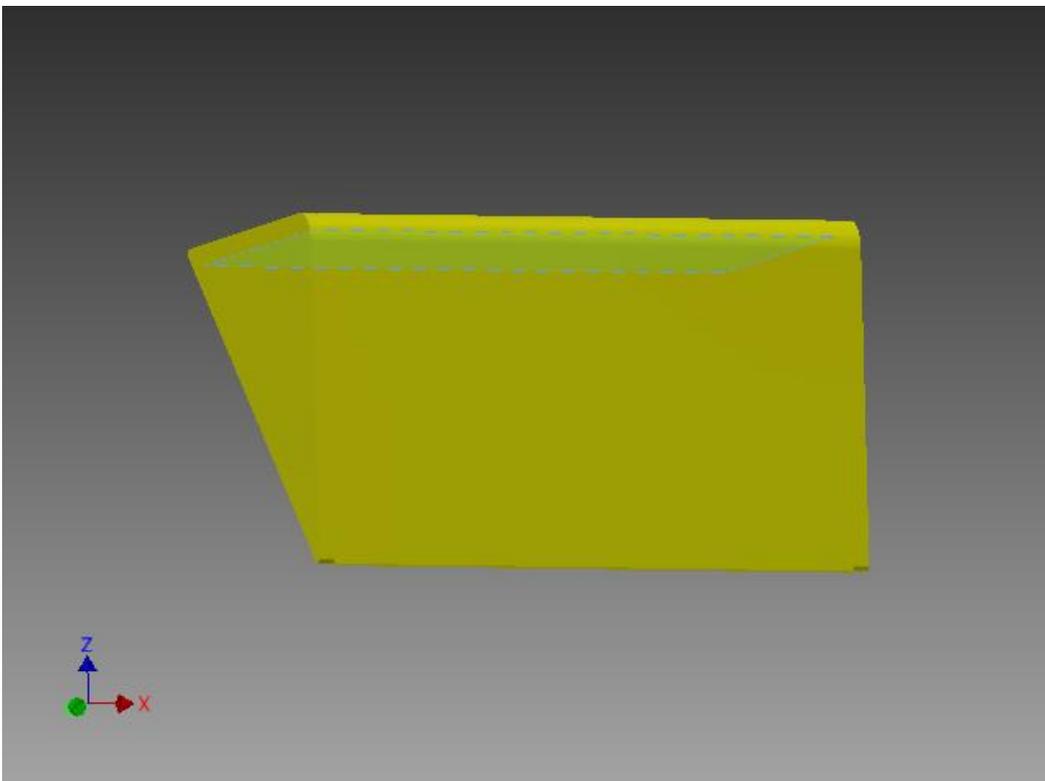
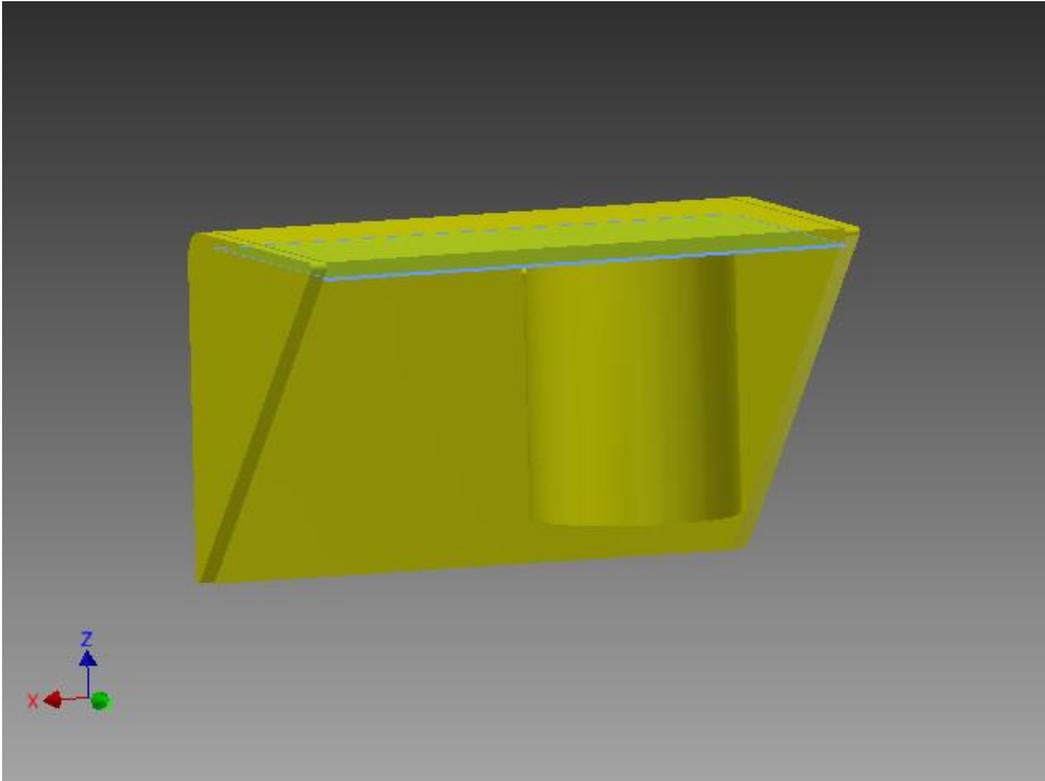


Anexo 4 Análisis de Tensión 002P

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	500,000 N
Vector X	0,000 N
Vector Y	-0,000 N
Vector Z	500,000 N

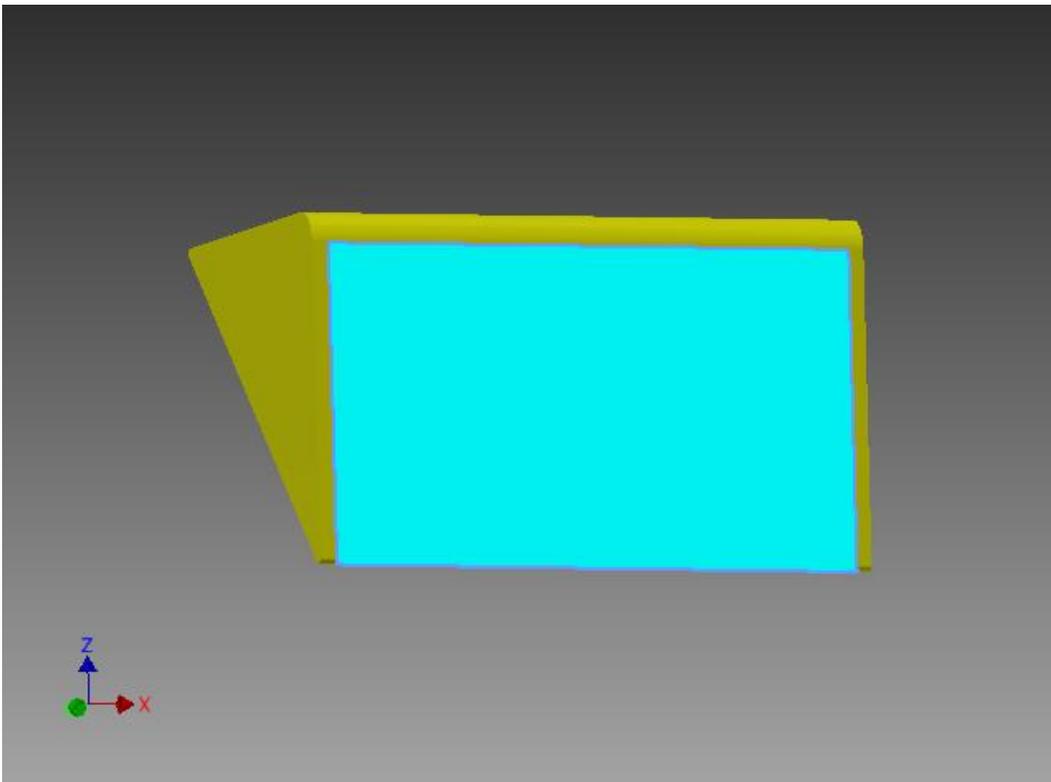
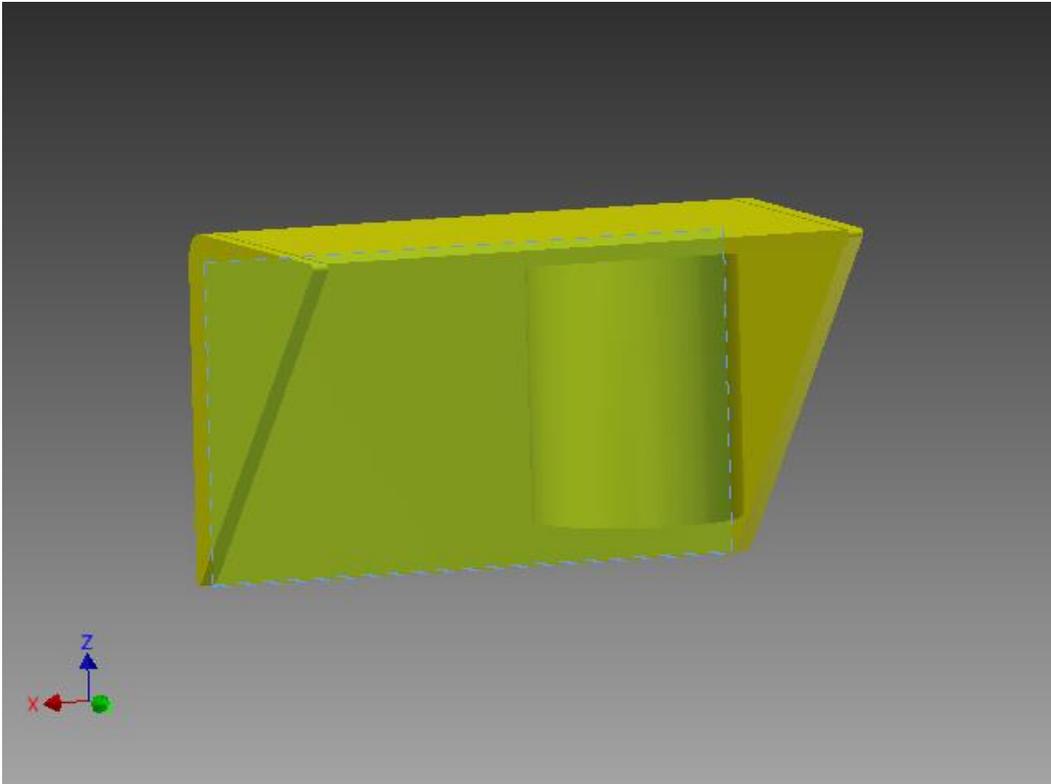
☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Restricción fija:1

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ Contactos (Fijado)

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:2	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:3	1P.1:1 1P.2:1
Fijado:4	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:5	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:6	1P.1:1 1P.3:1
Fijado:7	1P.1:1 1P.4:1

☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	500 N	0 N	35,249 N m	-35,2367 N m
		0 N		-0,461522 N m
		-500 N		0,806866 N m

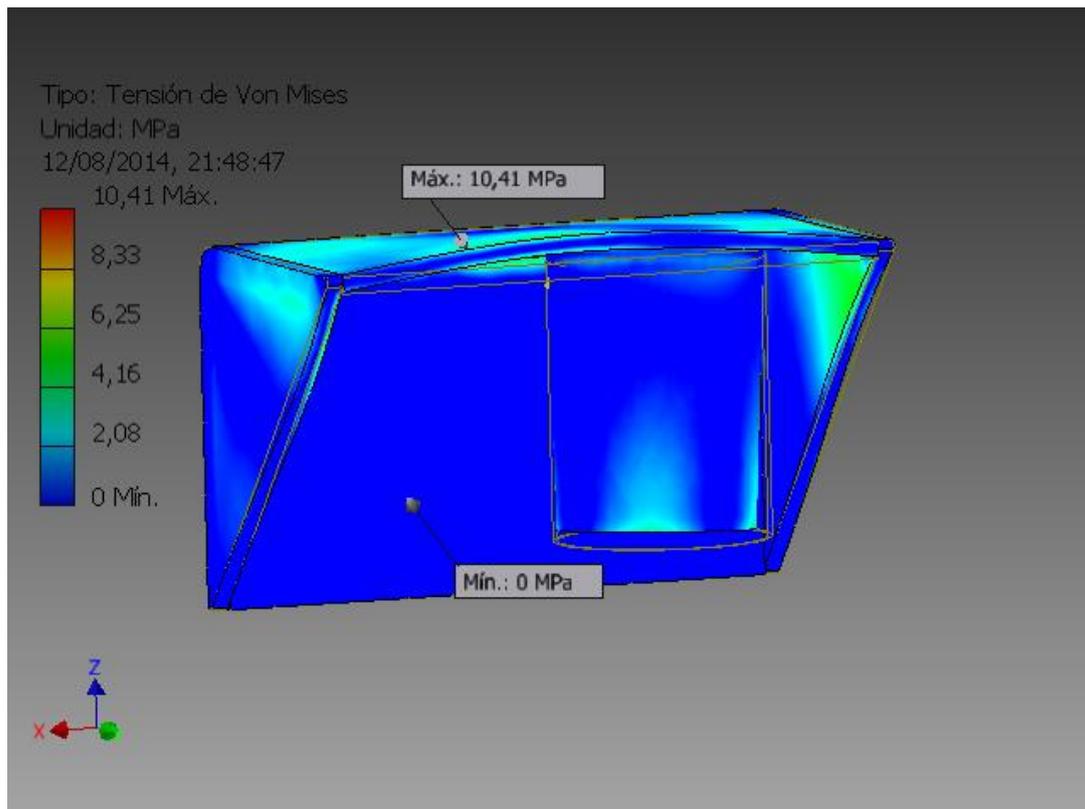
☐ Resumen de resultados

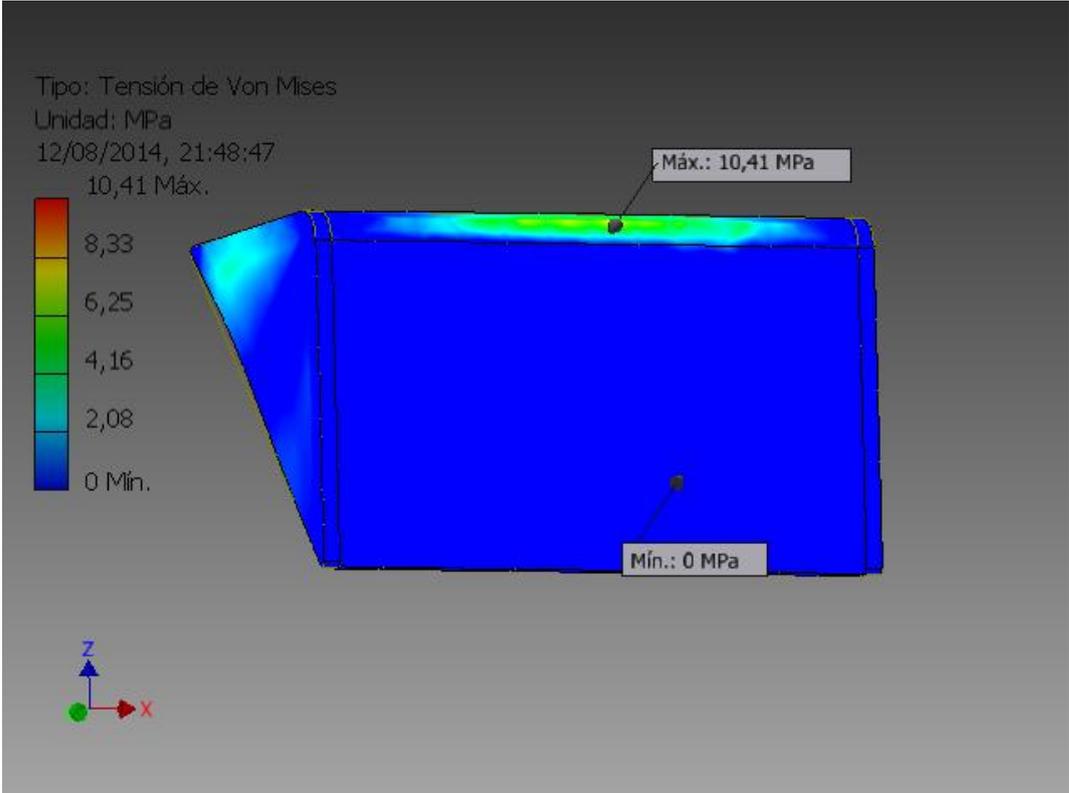
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	441902 mm ³	
Masa	3,47777 kg	
Tensión de Von Mises	0,00000586184 MPa	10,4103 MPa
Primera tensión principal	-1,27721 MPa	12,1587 MPa
Tercera tensión principal	-9,38991 MPa	2,43159 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,0559049 mm
Coeficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-6,06943 MPa	5,81713 MPa
Tensión XY	-2,67155 MPa	2,5485 MPa
Tensión XZ	-1,27007 MPa	1,49205 MPa
Tensión YY	-6,33745 MPa	7,88843 MPa
Tensión YZ	-4,91033 MPa	5,81872 MPa
Tensión ZZ	-5,17063 MPa	7,68629 MPa
Desplazamiento X	-0,009528 mm	0,0311174 mm
Desplazamiento Y	-0,00175587 mm	0,0396662 mm
Desplazamiento Z	-0,0000777085 mm	0,0380898 mm

Deformación equivalente	0,0000000000376557 su	0,0000476224 su
Primera deformación principal	-0,000000853784 su	0,0000546222 su
Tercera deformación principal	-0,0000440921 su	-0,00000000000771849 su
Deformación XX	-0,000029882 su	0,0000283372 su
Deformación XY	-0,0000172315 su	0,0000164379 su
Deformación XZ	-0,00000819196 su	0,00000962374 su
Deformación YY	-0,000029011 su	0,0000324364 su
Deformación YZ	-0,0000316716 su	0,0000375307 su
Deformación ZZ	-0,0000218549 su	0,0000338326 su
Presión de contacto	0 MPa	23,0535 MPa
Presión de contacto X	-15,7227 MPa	20,2451 MPa
Presión de contacto Y	-13,3331 MPa	10,5715 MPa
Presión de contacto Z	-15,3168 MPa	13,3284 MPa

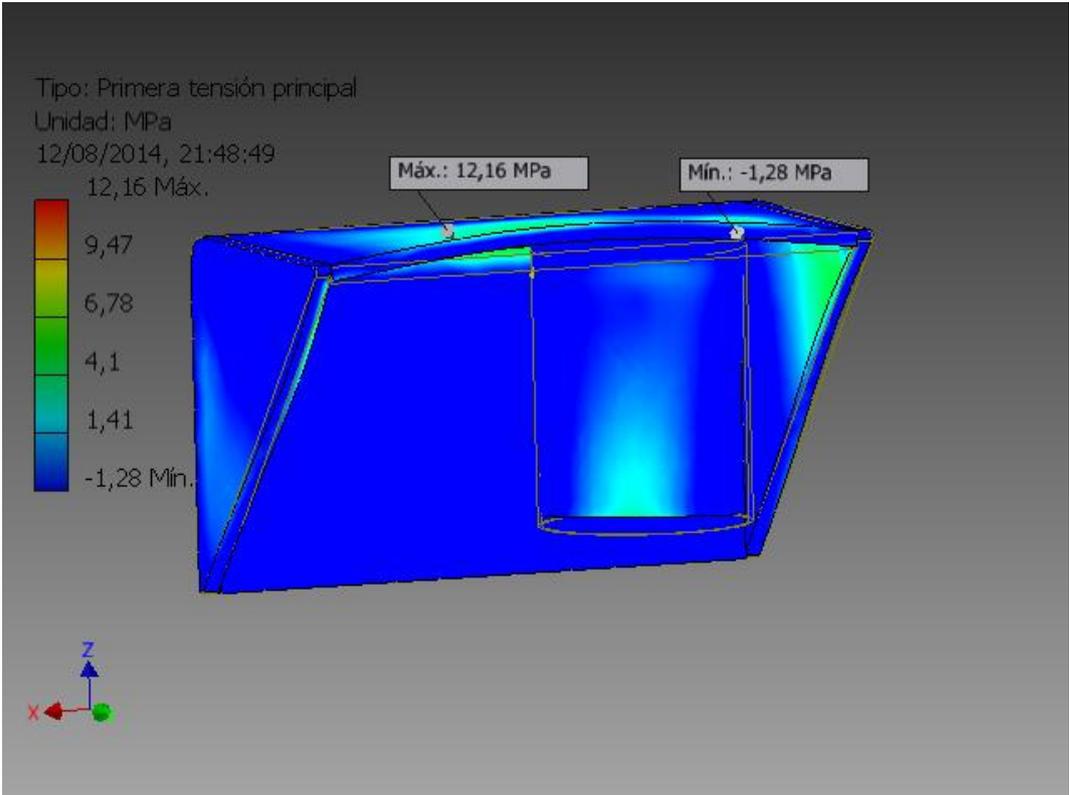
Figuras

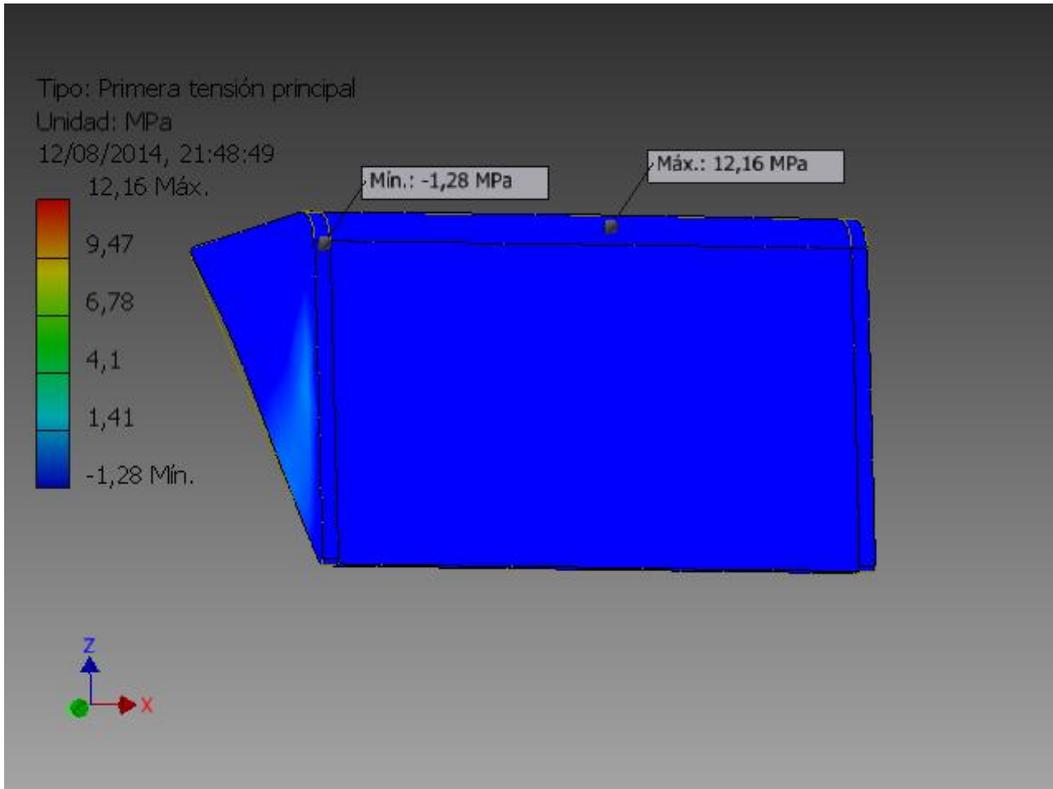
Tensión de Von Mises





☐ Primera tensión principal



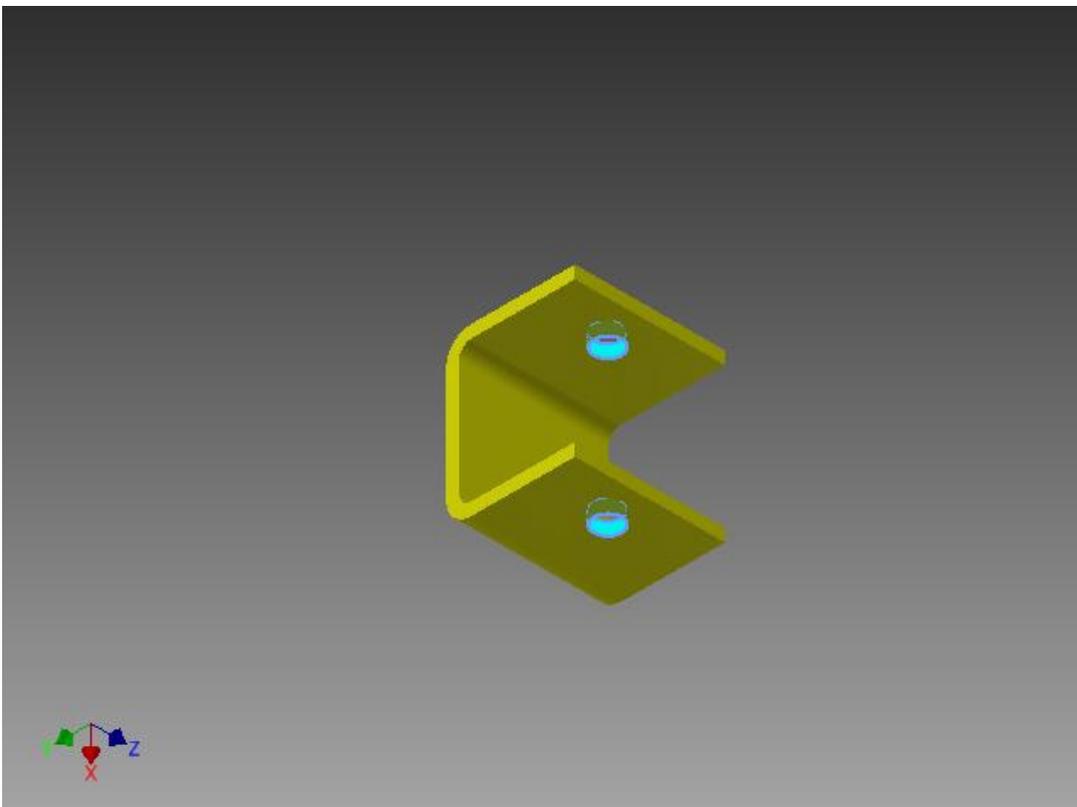
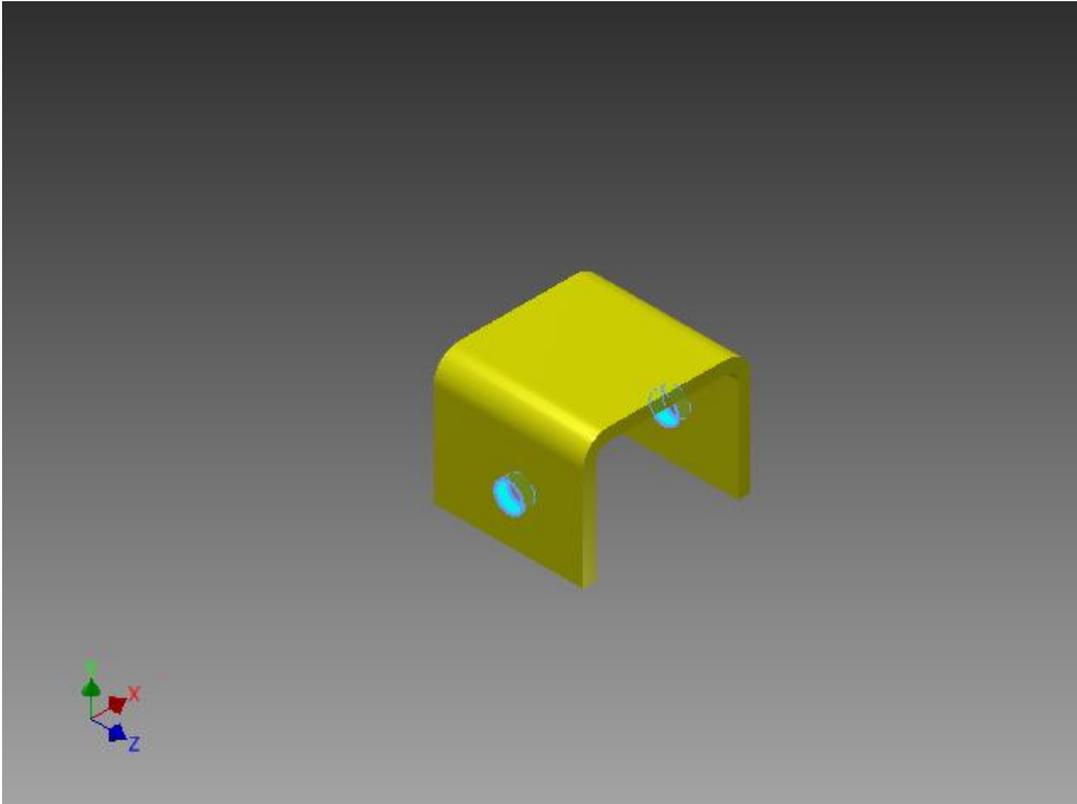


Anexo 5 Análisis de Tensión 5P.1

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-893.797 N
Vector Z	-448.472 N

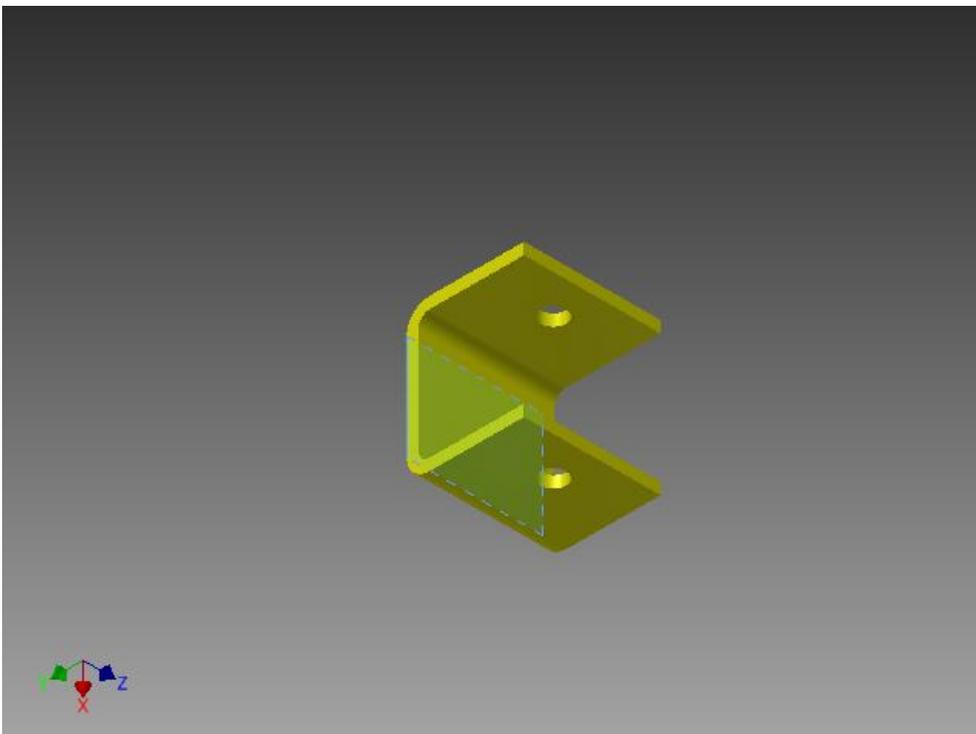
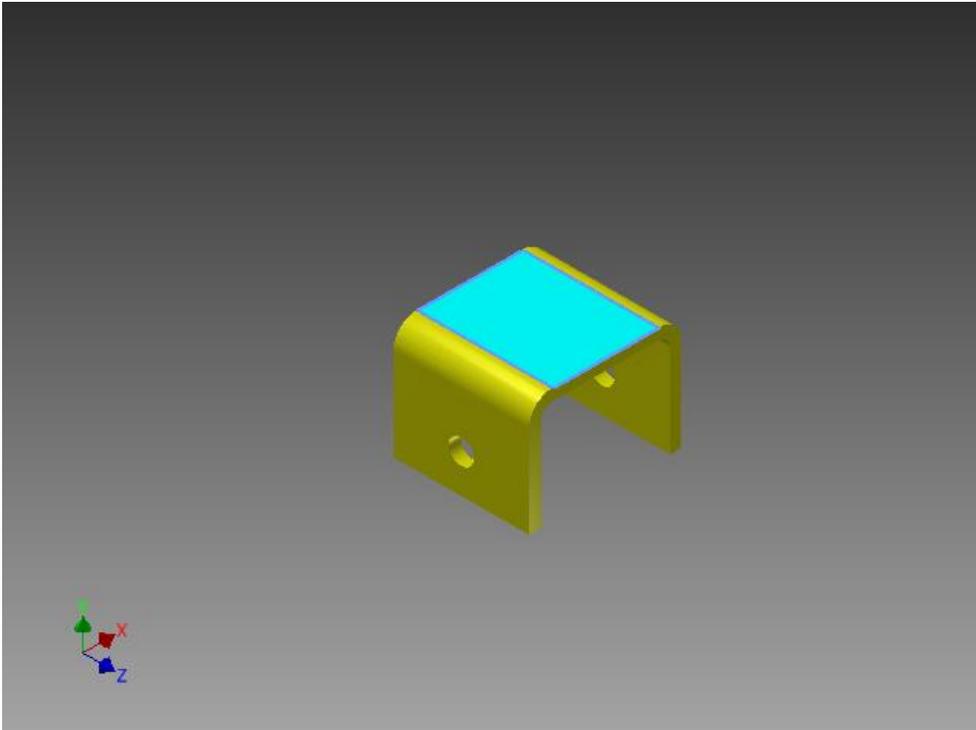
☐ Cara(s) seleccionada(s)



☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción Restricción fija

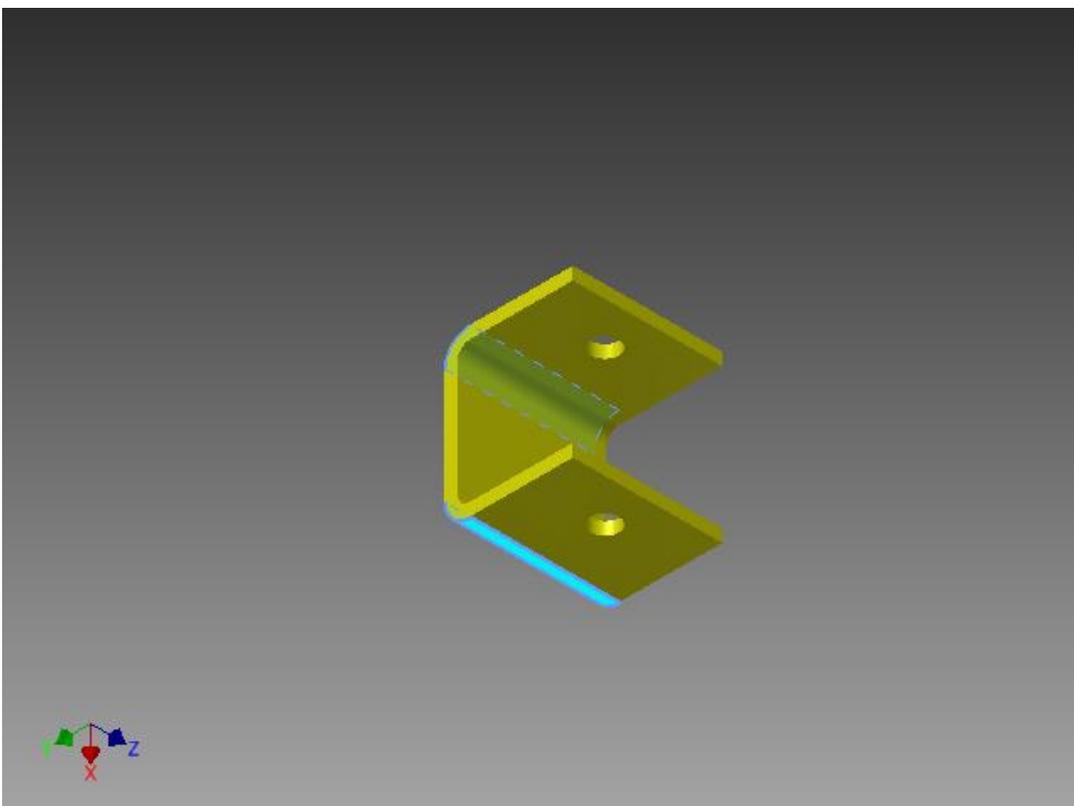
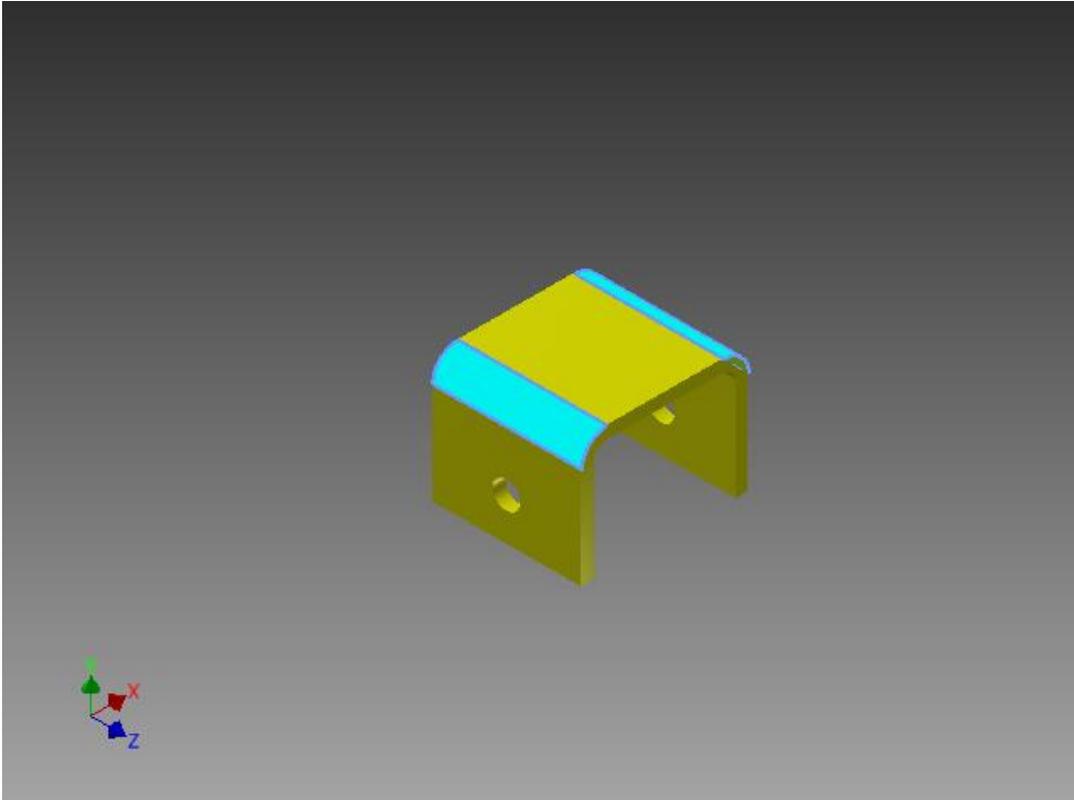
☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Restricción fija:2**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

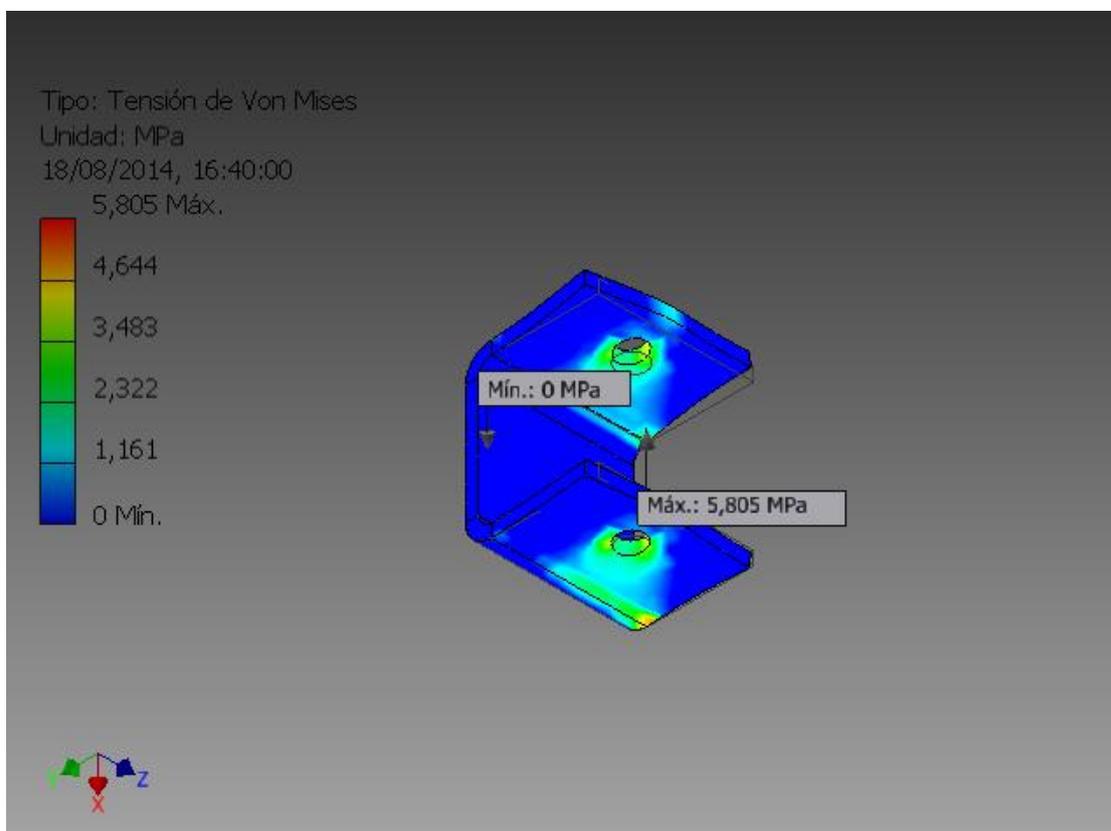
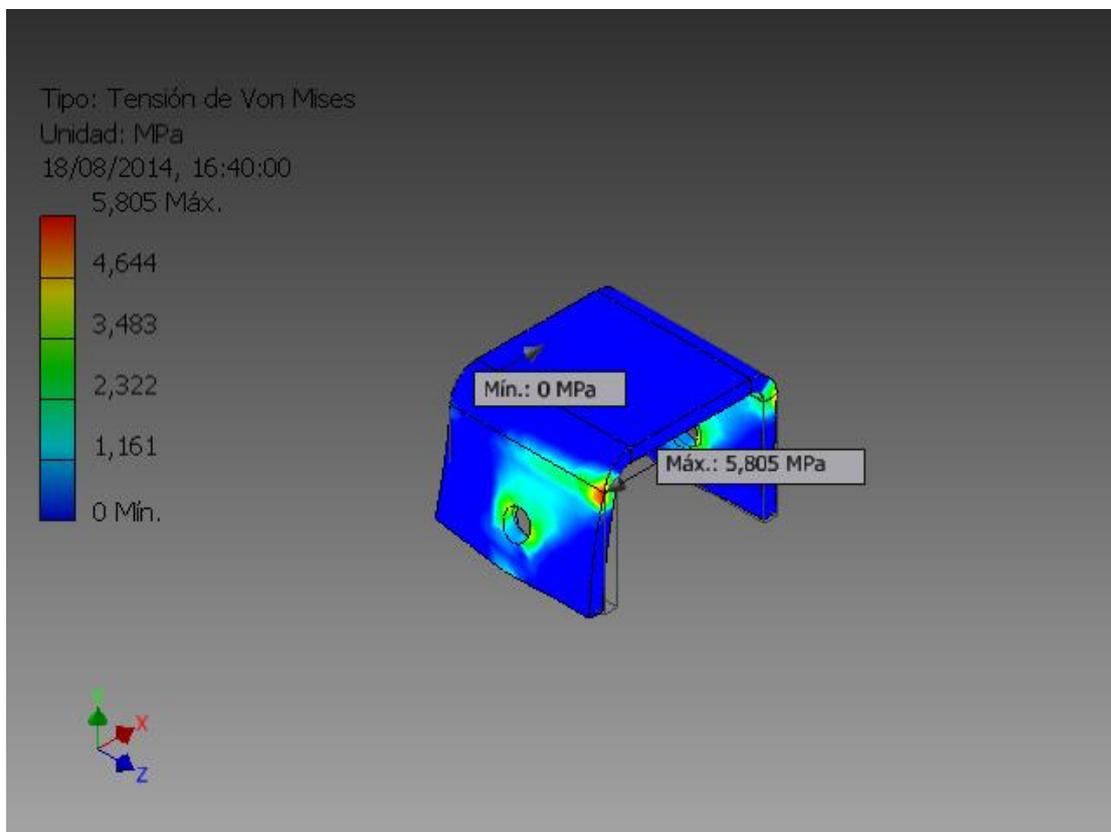
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	33,1948 N	-0,43111 N	0,429758 N m	-0,429735 N m
		33,1751 N		-0,00145793 N m
		1,05755 N		0,00416641 N m
Restricción fija:2	969,9 N	0 N	15,6528 N m	-15,6528 N m
		860,561 N		0 N m
		447,372 N		0 N m

☐ Resumen de resultados

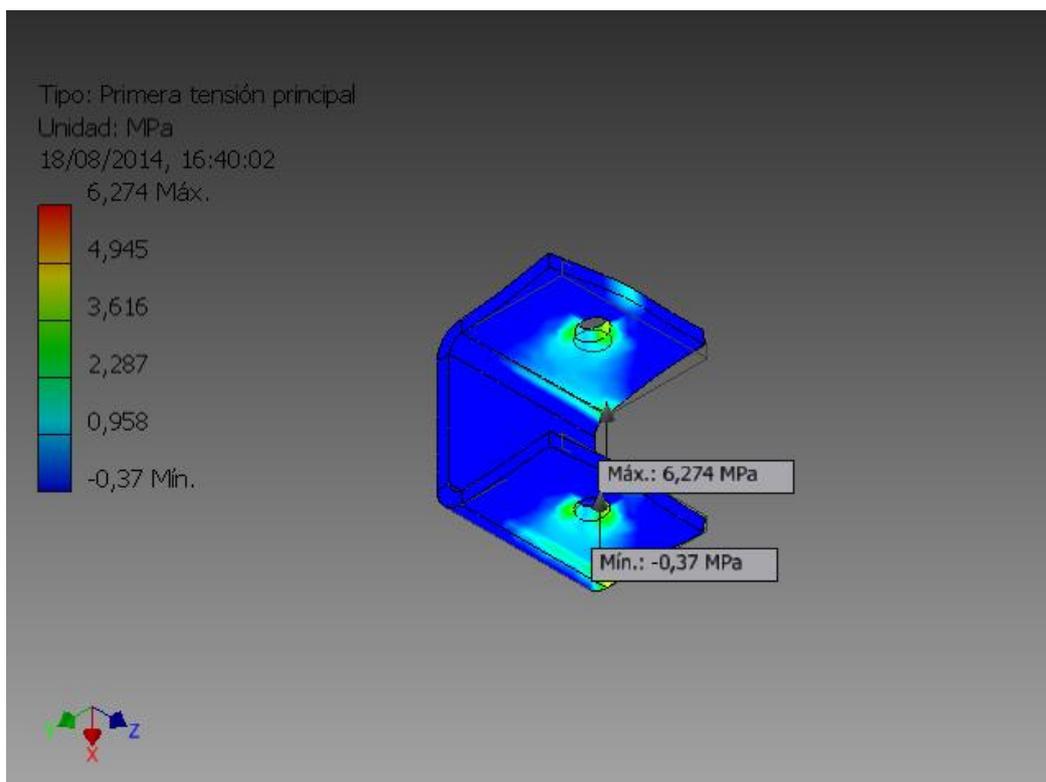
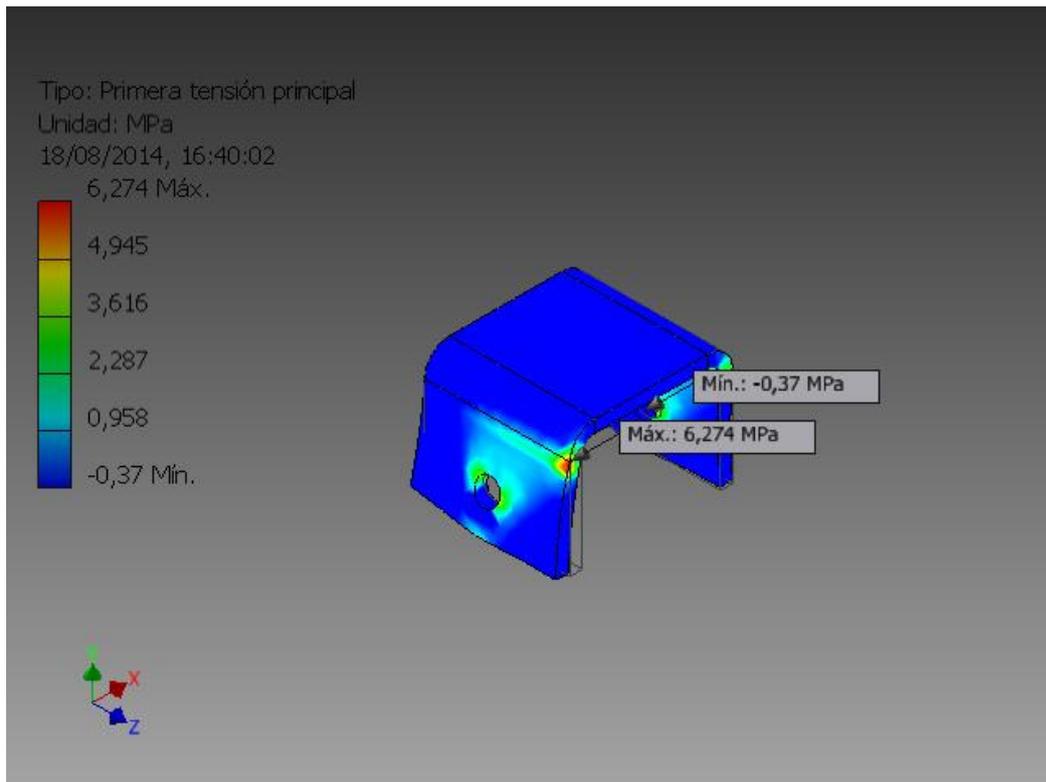
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	73642,2 mm ³	
Masa	0,579564 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000993388 MPa	5,80466 MPa
Primera tensión principal	-0,370386 MPa	6,27376 MPa
Tercera tensión principal	-2,51272 MPa	0,511014 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00061651 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,767348 MPa	1,00198 MPa
Tensión XY	-2,27394 MPa	1,97457 MPa
Tensión XZ	-1,30886 MPa	1,13967 MPa
Tensión YY	-2,33929 MPa	5,52586 MPa
Tensión YZ	-1,45171 MPa	2,38244 MPa
Tensión ZZ	-2,04159 MPa	2,45956 MPa
Desplazamiento X	-0,000336721 mm	0,000337799 mm
Desplazamiento Y	-0,00041929 mm	0,000114515 mm
Desplazamiento Z	-0,000538007 mm	0,00000116277 mm
Deformación equivalente	0,00000000434032 su	0,0000259923 su
Primera deformación principal	0,00000000372132 su	0,0000298429 su
Tercera deformación principal	-0,0000134215 su	-0,00000000198519 su
Deformación XX	-0,00000758974 su	0,00000481876 su
Deformación XY	-0,0000146669 su	0,000012736 su
Deformación XZ	-0,00000844213 su	0,00000735088 su
Deformación YY	-0,0000101691 su	0,0000250358 su
Deformación YZ	-0,00000936354 su	0,0000153667 su
Deformación ZZ	-0,00000906704 su	0,0000121785 su

Figuras

Tensión de Von Mises



☐ Primera tensión principal

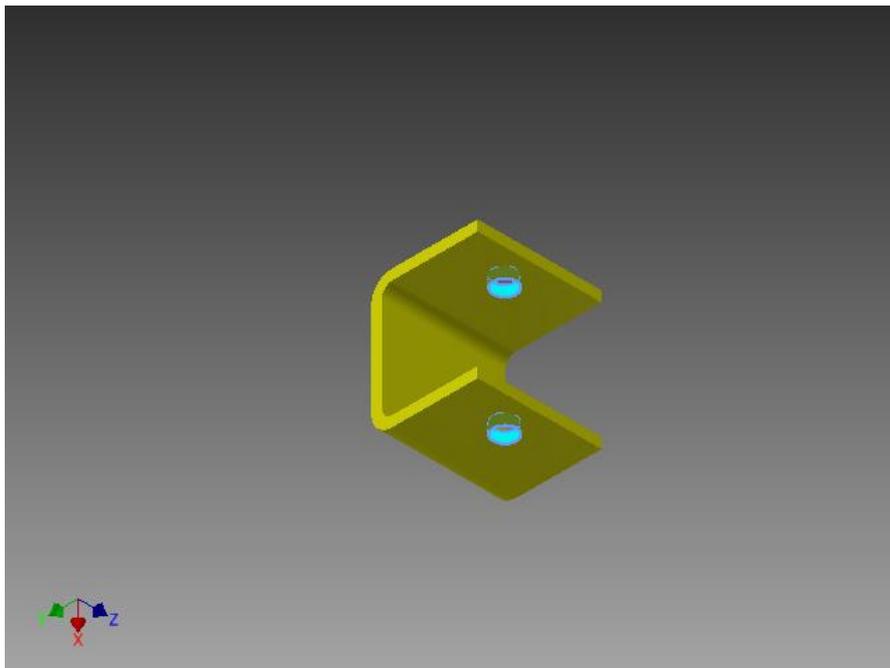
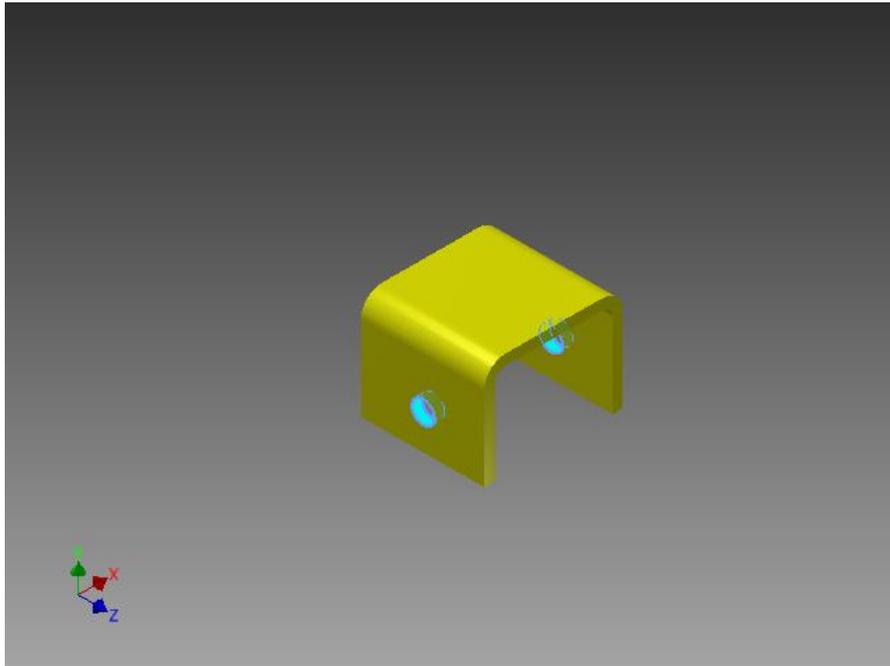


Anexo 6 Análisis de Tensión 6P.1

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000.000 N
Vector X	0.000 N
Vector Y	-893.797 N
Vector Z	-448.472 N

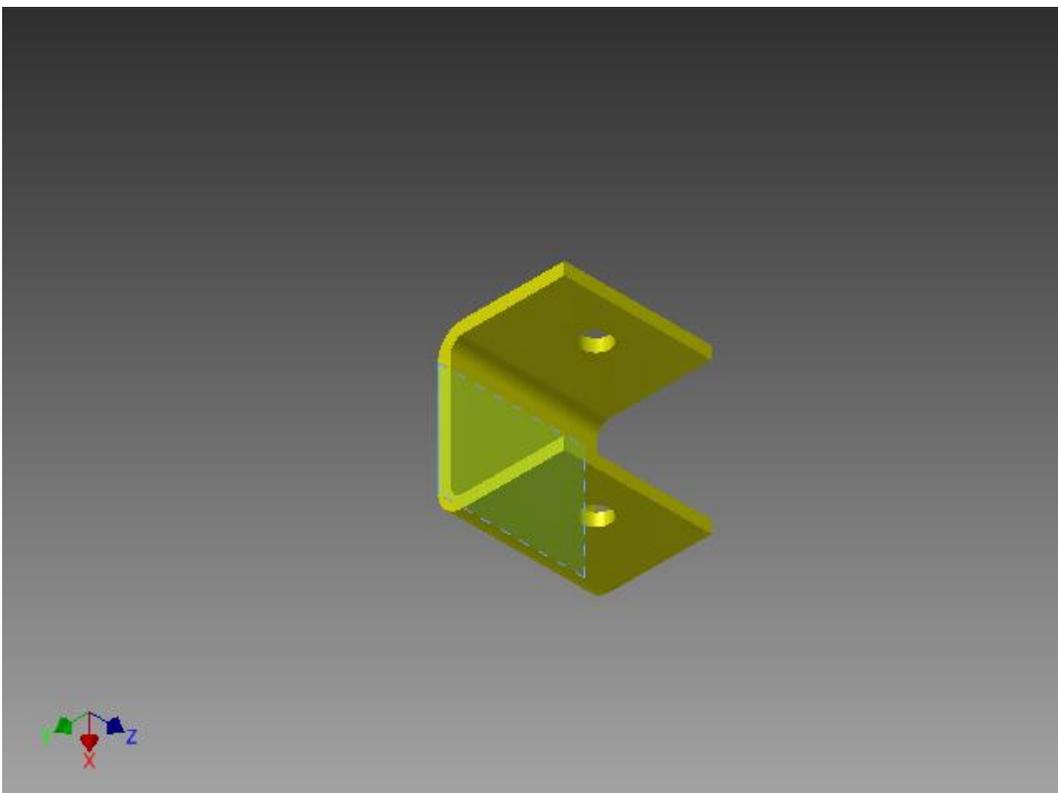
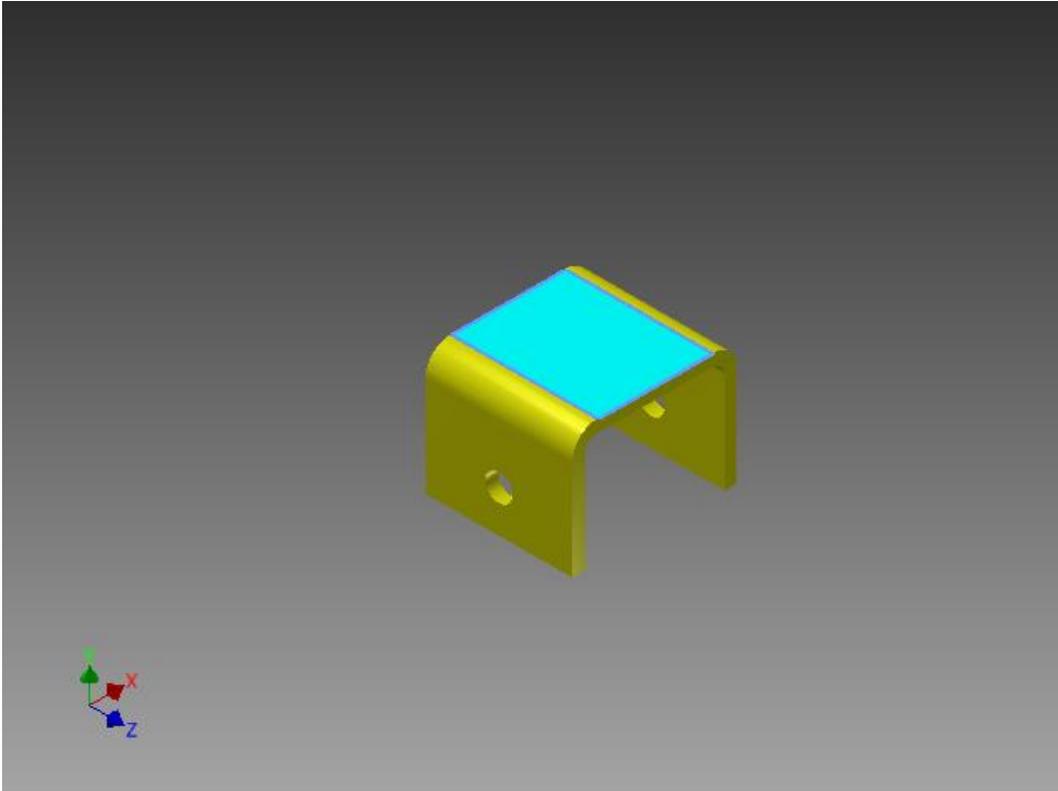
Cara(s) seleccionada(s)



☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

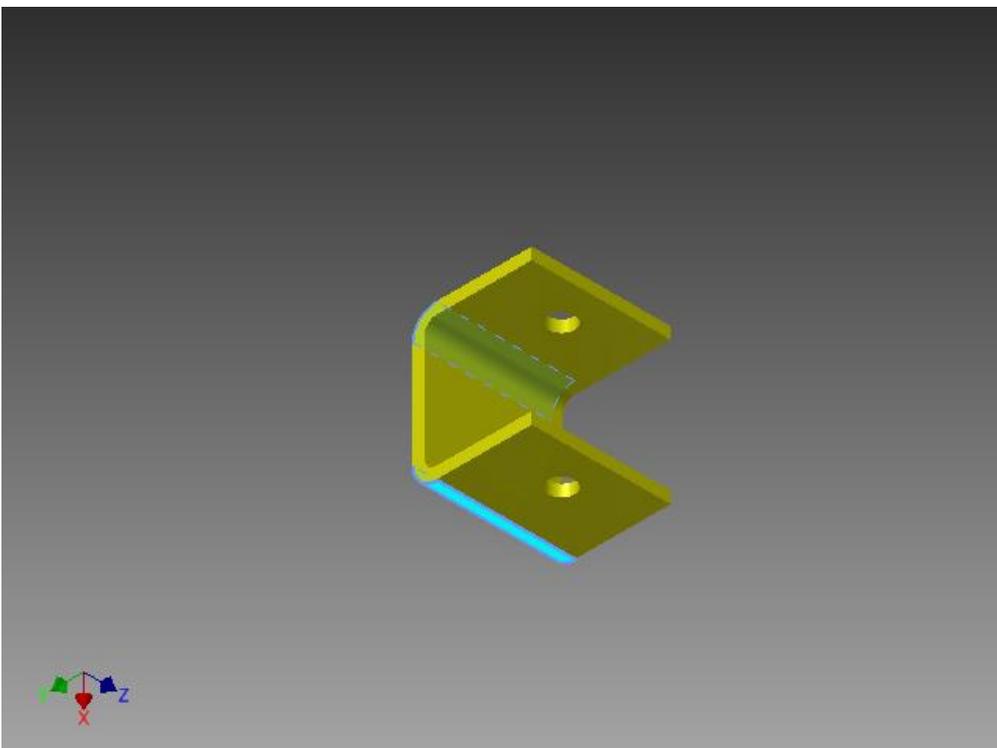
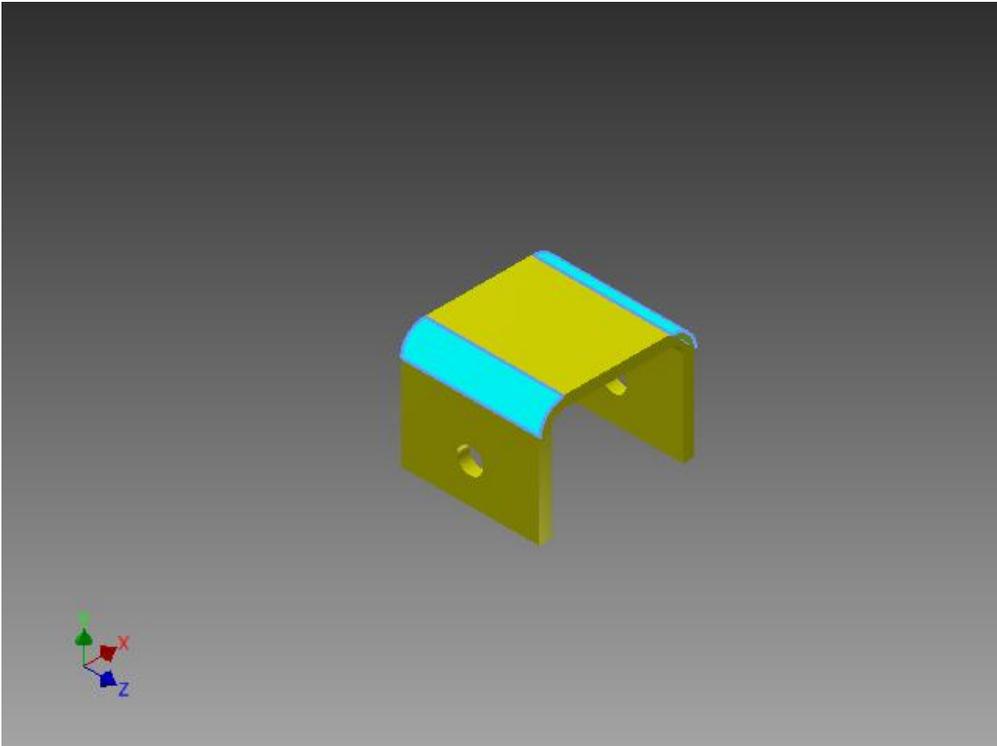
☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Restricción fija:2**

Tipo de restricción Restricción fija

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

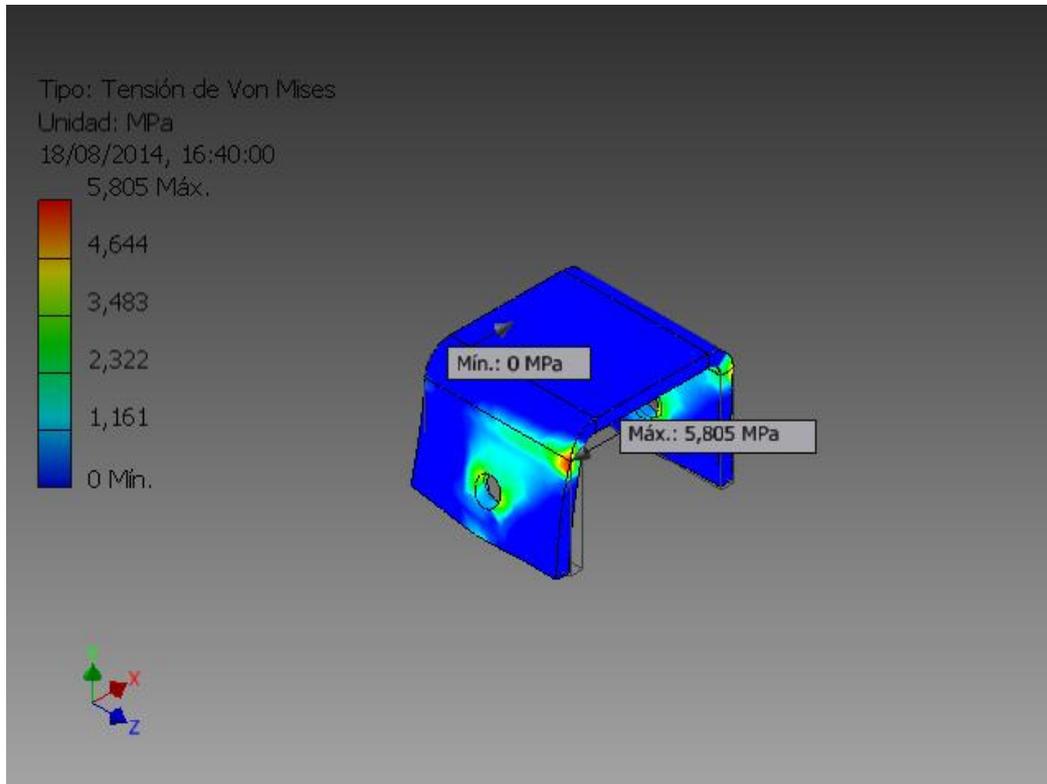
Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	33,1948 N	-0,43111 N	0,429758 N m	-0,429735 N m
		33,1751 N		-0,00145793 N m
		1,05755 N		0,00416641 N m
Restricción fija:2	969,9 N	0 N	15,6528 N m	-15,6528 N m
		860,561 N		0 N m
		447,372 N		0 N m

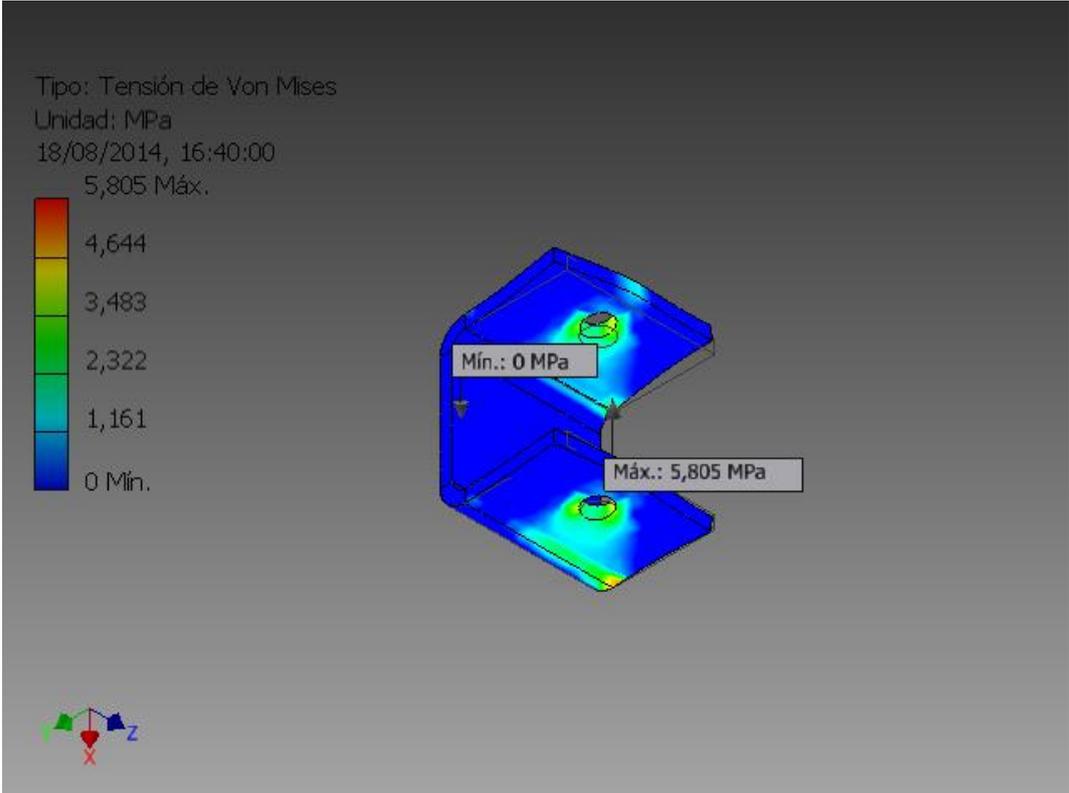
☐ Resumen de resultados

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	73642,2 mm ³	
Masa	0,579564 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000993388 MPa	5,80466 MPa
Primera tensión principal	-0,370386 MPa	6,27376 MPa
Tercera tensión principal	-2,51272 MPa	0,511014 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00061651 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0,767348 MPa	1,00198 MPa
Tensión XY	-2,27394 MPa	1,97457 MPa
Tensión XZ	-1,30886 MPa	1,13967 MPa
Tensión YY	-2,33929 MPa	5,52586 MPa
Tensión YZ	-1,45171 MPa	2,38244 MPa
Tensión ZZ	-2,04159 MPa	2,45956 MPa
Desplazamiento X	-0,000336721 mm	0,000337799 mm
Desplazamiento Y	-0,00041929 mm	0,000114515 mm
Desplazamiento Z	-0,000538007 mm	0,00000116277 mm
Deformación equivalente	0,00000000434032 su	0,0000259923 su
Primera deformación principal	0,00000000372132 su	0,0000298429 su
Tercera deformación principal	-0,0000134215 su	-0,00000000198519 su
Deformación XX	-0,00000758974 su	0,00000481876 su
Deformación XY	-0,0000146669 su	0,000012736 su
Deformación XZ	-0,00000844213 su	0,00000735088 su
Deformación YY	-0,0000101691 su	0,0000250358 su
Deformación YZ	-0,00000936354 su	0,0000153667 su
Deformación ZZ	-0,00000906704 su	0,0000121785 su

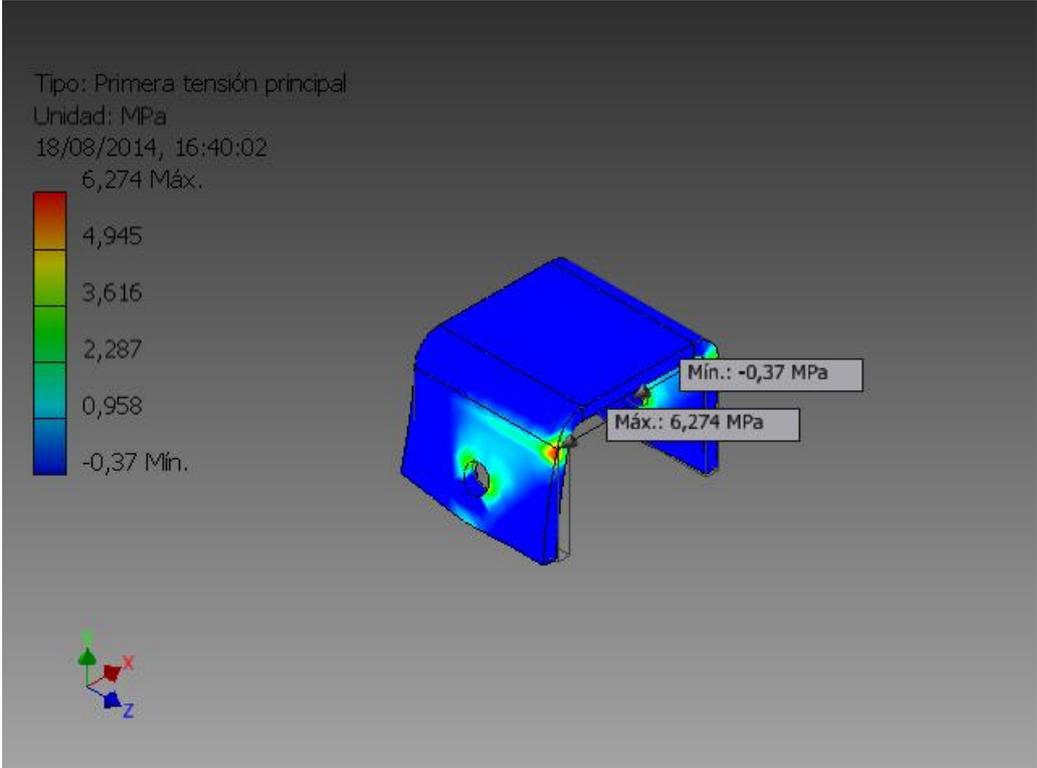
Figuras

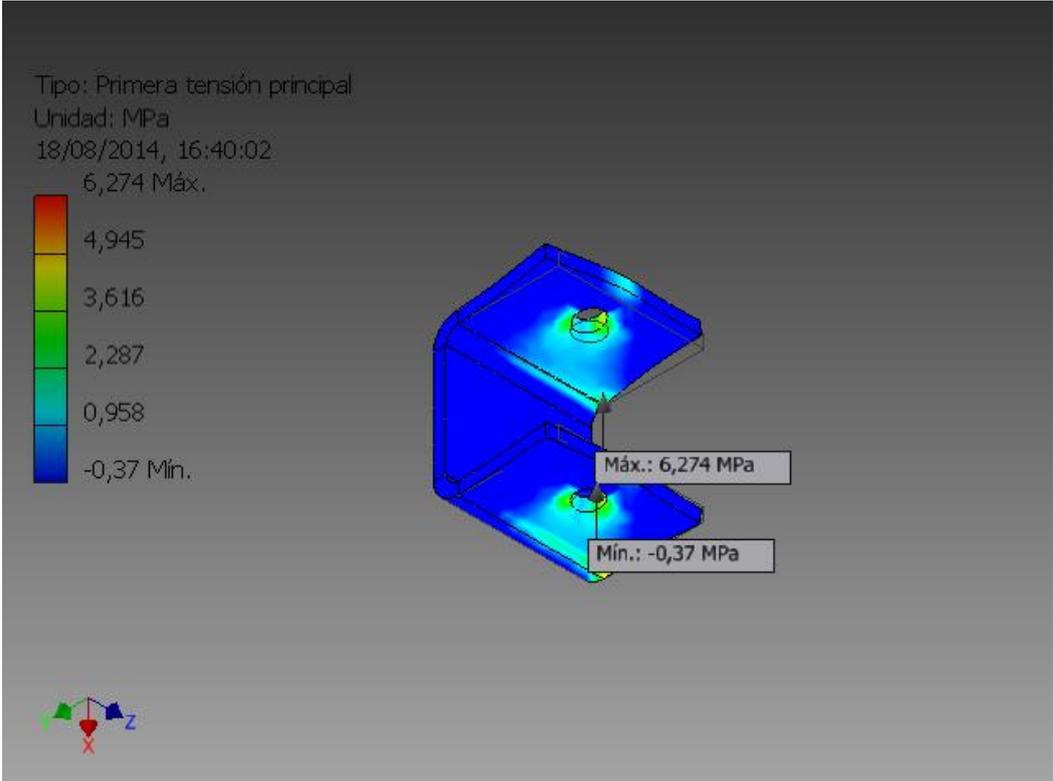
Tensión de Von Mises





☐ Primera tensión principal



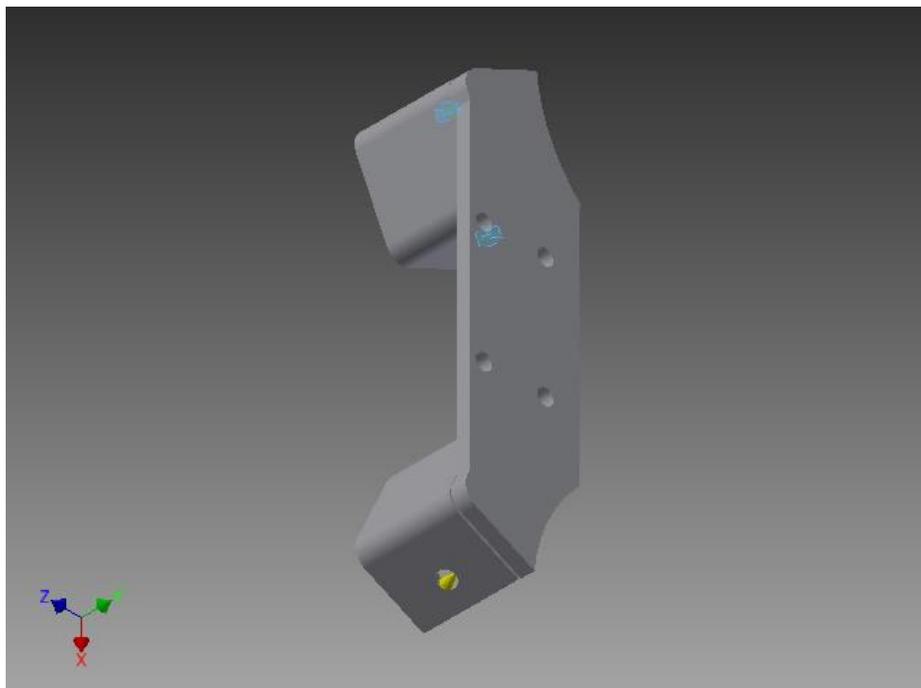
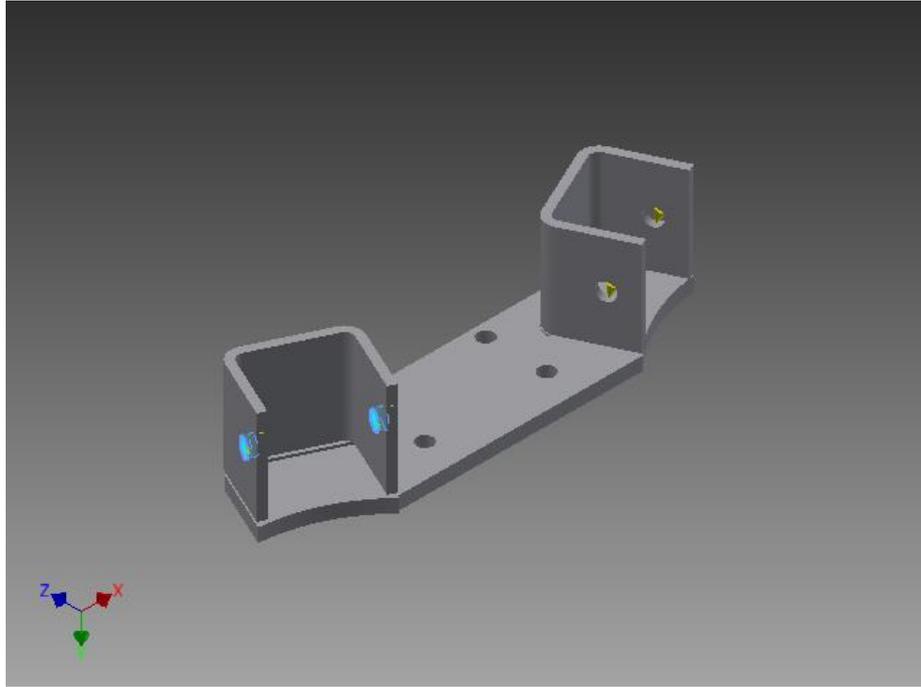


Anexo 7 Análisis de Tensión 009P

Fuerza:1

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000.000 N
Vector X	227.824 N
Vector Y	842.256 N
Vector Z	488.570 N

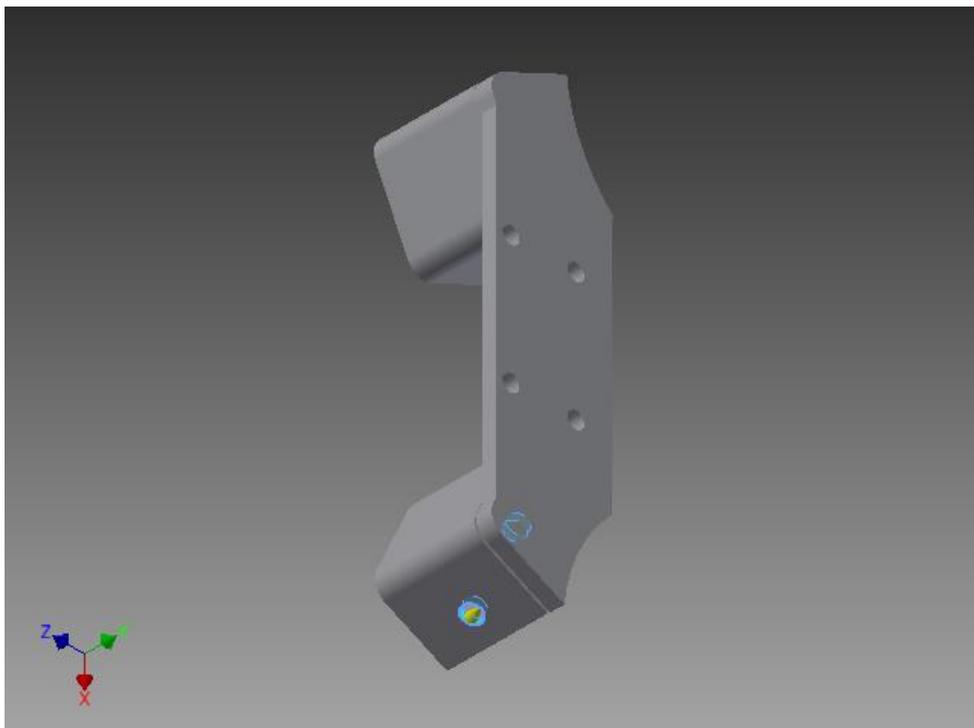
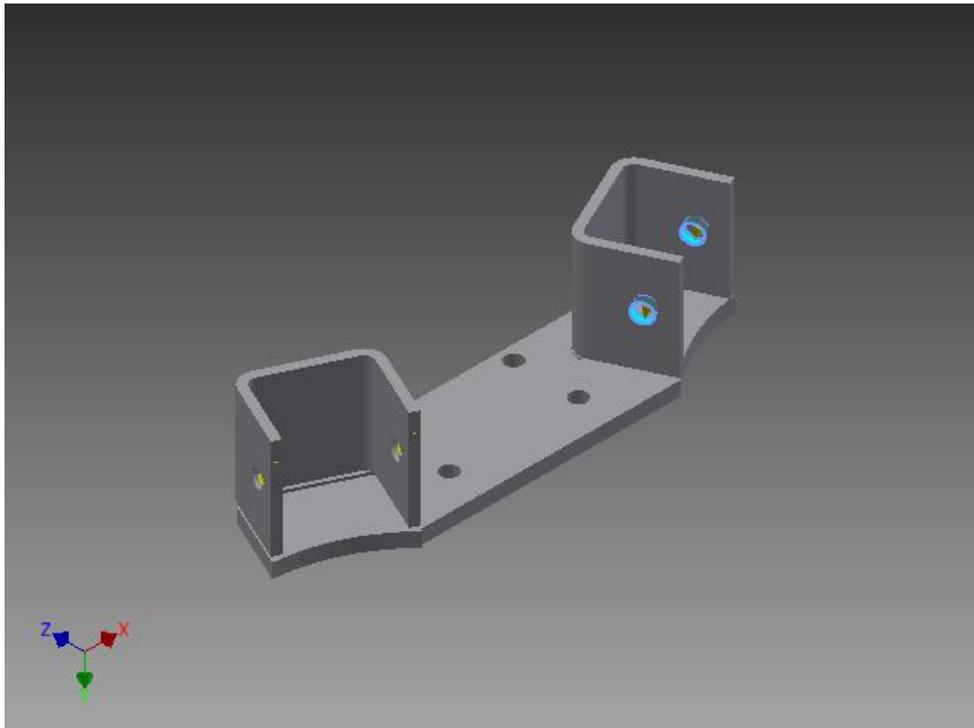
Cara(s) seleccionada(s)



☐ **Fuerza:2**

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	1000.000 N
Vector X	-123.655 N
Vector Y	956.237 N
Vector Z	265.179 N

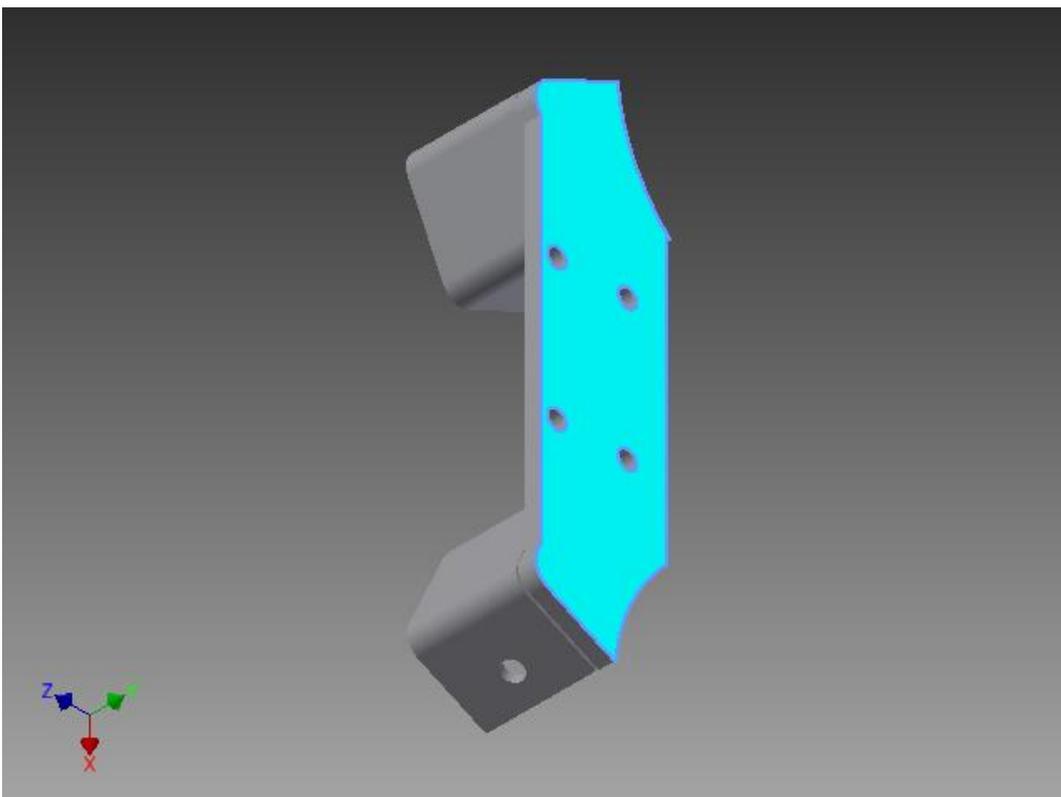
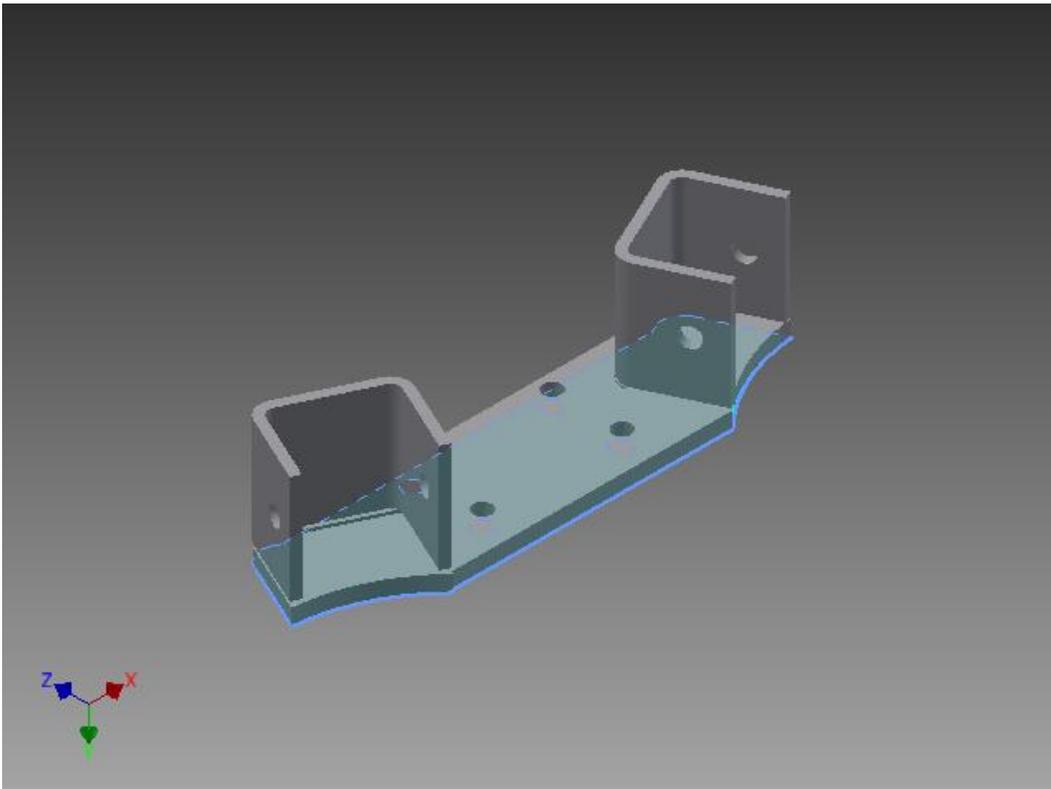
☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Restricción fija:1**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

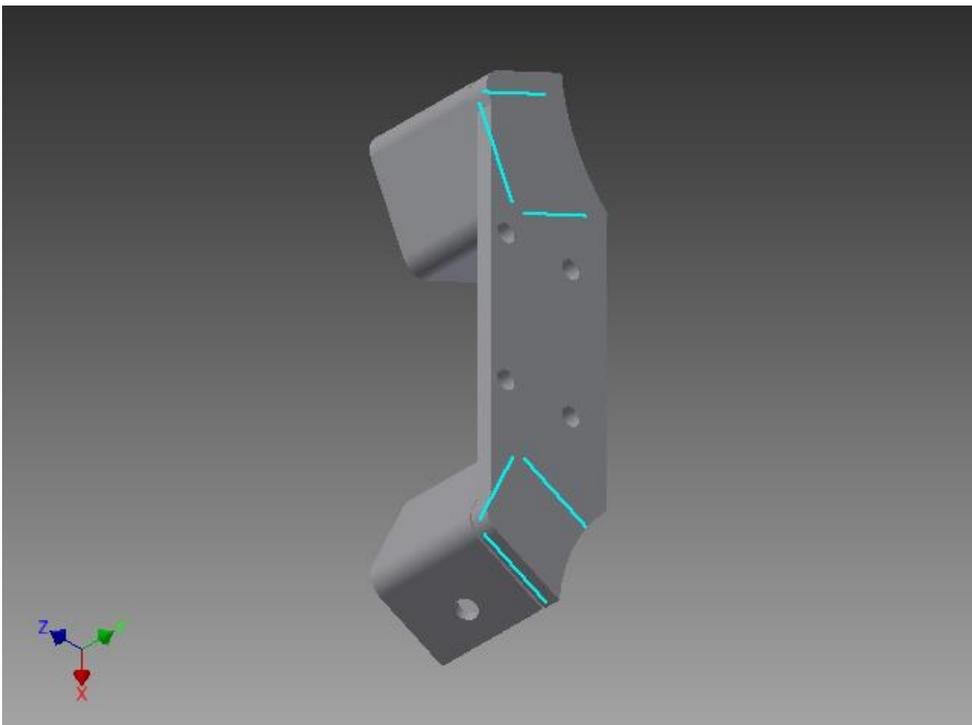
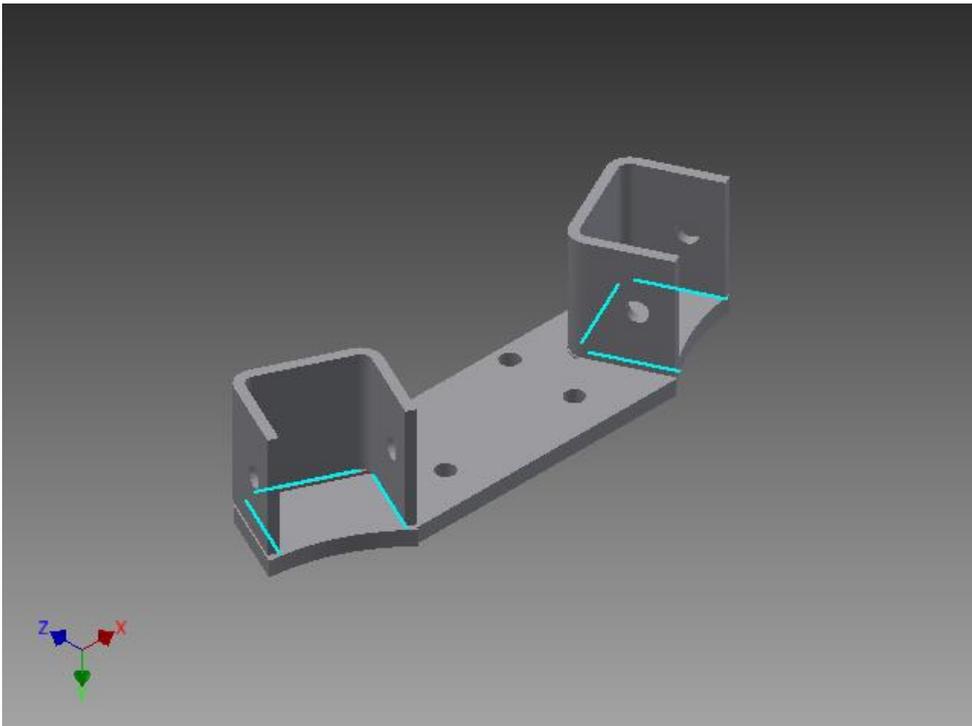
☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Restricción fija:2**

Tipo de restricción	Restricción fija
---------------------	------------------

☐ **Cara(s) seleccionada(s)**



☐ **Contactos (Fijado)**

Nombre	Nombre(s) de pieza
Fijado:1	9P.3:1 8P.1:1
Fijado:2	9P.3:1 8P.1:1
Fijado:3	9P.3:1 8P.1:1

Fijado:4	9P.3:1 9P.2:1
Fijado:5	9P.3:1 9P.2:1
Fijado:6	9P.3:1 9P.2:1

☐ Resultados

☐ Fuerza y pares de reacción en restricciones

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X,Y,Z)	Magnitud	Componente (X,Y,Z)
Restricción fija:1	243,245 N	14,41 N	11,6488 N m	5,41393 N m
		-232,55 N		0,974444 N m
		-69,8643 N		10,2681 N m
Restricción fija:2	1712,96 N	-118,555 N	37,6606 N m	-1,49967 N m
		-1566,09 N		-25,202 N m
		-683,759 N		-27,9451 N m

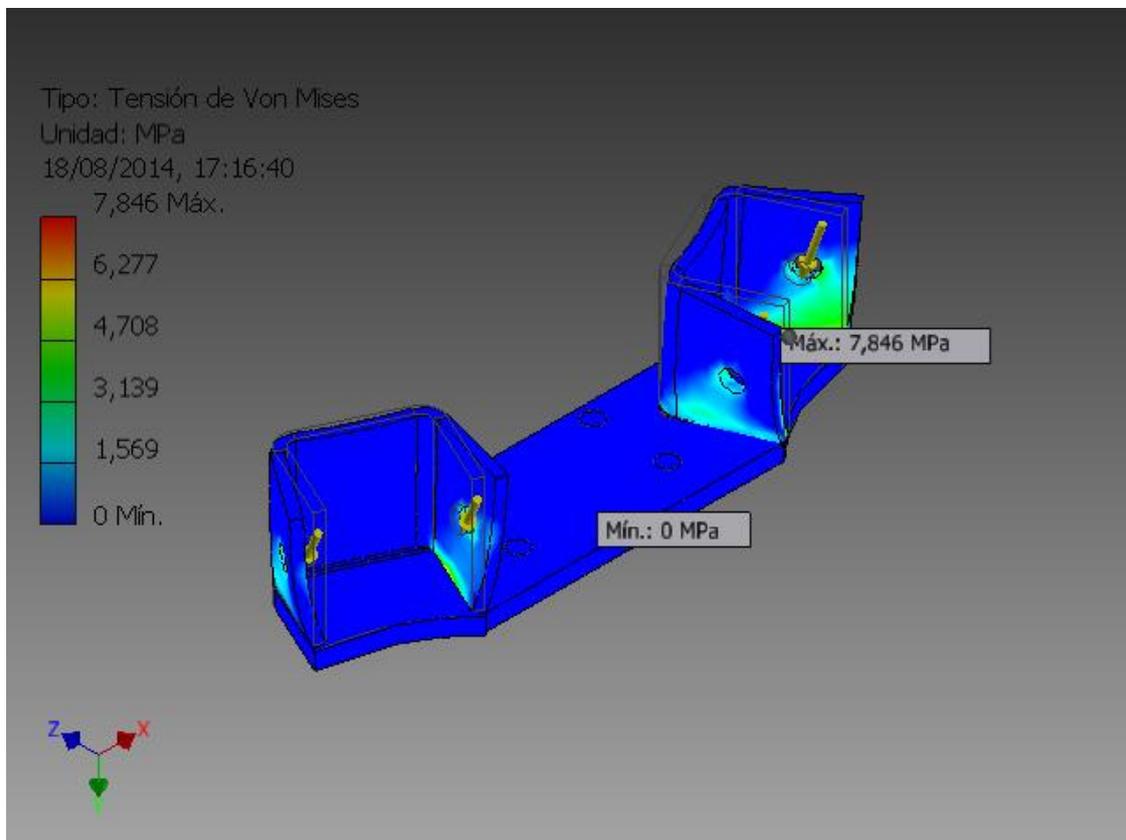
☐ Resumen de resultados

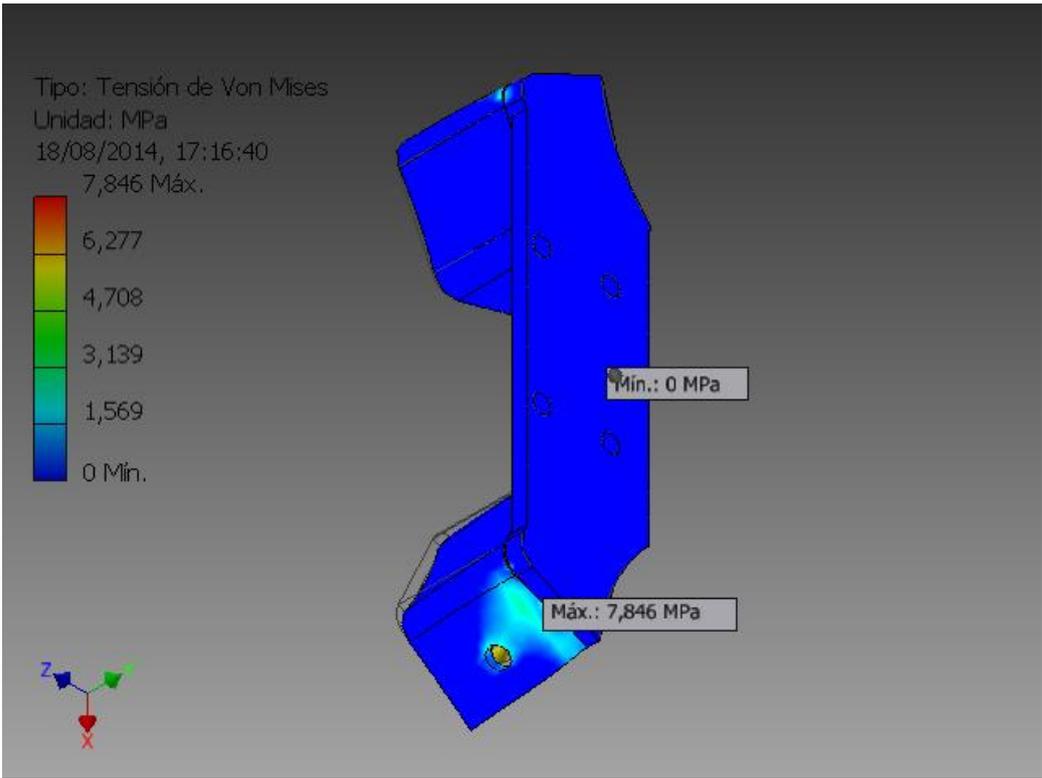
Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	364301 mm ³	
Masa	2,86705 kg	
Tensión de Von Mises	0,0000061048 MPa	7,84641 MPa
Primera tensión principal	-1,05028 MPa	3,59195 MPa
Tercera tensión principal	-7,07858 MPa	0,401222 MPa
Desplazamiento	0 mm	0,00450585 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-3,06256 MPa	1,99087 MPa
Tensión XY	-2,38848 MPa	2,57283 MPa
Tensión XZ	-1,86927 MPa	2,25029 MPa
Tensión YY	-6,55476 MPa	2,73694 MPa
Tensión YZ	-2,48838 MPa	1,73053 MPa
Tensión ZZ	-3,13801 MPa	1,9074 MPa
Desplazamiento X	-0,00374247 mm	0,00426221 mm
Desplazamiento Y	-0,0000699704 mm	0,00113911 mm
Desplazamiento Z	-0,002575 mm	0,00167763 mm
Deformación equivalente	0,0000000000262621 su	0,000034589 su
Primera deformación principal	0,000000000017722 su	0,0000239394 su
Tercera deformación principal	-0,0000344981 su	-0,0000000000185091 su
Deformación XX	-0,0000104226 su	0,0000202762 su
Deformación XY	-0,0000154057 su	0,0000165948 su
Deformación XZ	-0,0000120568 su	0,0000145144 su

Deformación YY	-0,0000305927 su	0,0000122348 su
Deformación YZ	-0,0000160501 su	0,0000111619 su
Deformación ZZ	-0,0000128051 su	0,0000141672 su
Presión de contacto	0 MPa	11,4095 MPa
Presión de contacto X	-3,63408 MPa	2,01363 MPa
Presión de contacto Y	-8,83658 MPa	4,76338 MPa
Presión de contacto Z	-7,71007 MPa	2,3009 MPa

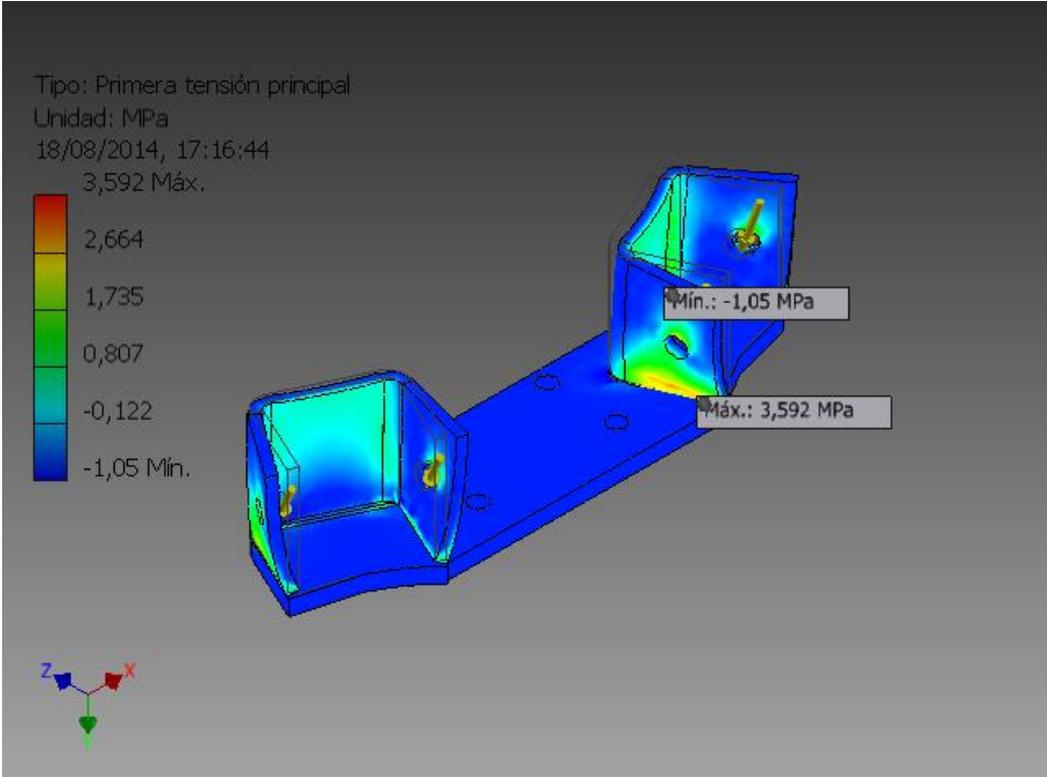
Figuras

Tensión de Von Mises





Primera tensión principal



Tipo: Primera tensión principal

Unidad: MPa

18/08/2014, 17:16:44

3,592 Máx.

