

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ

Colegio de Ciencias e Ingenierías

**Diseño y construcción de un remolque para distintos modelos
de bicicletas**

Jairo Sebastián Echeverría Calderón

Ingeniería Mecánica

Trabajo de integración curricular presentado como requisito
para la obtención del título de
Ingeniero Mecánico

Quito, 06 de diciembre de 2019

**UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ
COLEGIO DE CIENCIAS E INGENIERIAS**

**HOJA DE CALIFICACIÓN
DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Diseño Y Construcción De Un Remolque Para Distintos Tipos De
Bicicletas**

Jairo Sebastián Echeverría Calderón

Calificación:

**Nombre del profesor, Título académico: Patricio Chiriboga, Ph.D, Alfredo
Valarezo , Ph.D, M.Sc.**

Firma del profesor:

Quito, 06 de diciembre de 2019

DERECHOS DE AUTOR

Por medio del presente documento certifico que he leído todas las Políticas y Manuales de la Universidad San Francisco de Quito USFQ, incluyendo la Política de Propiedad Intelectual USFQ, y estoy de acuerdo con su contenido, por lo que los derechos de propiedad intelectual del presente trabajo quedan sujetos a lo dispuesto en esas Políticas.

Asimismo, autorizo a la USFQ para que realice la digitalización y publicación de este trabajo en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Firma del estudiante: _____

Nombres y apellidos: Jairo Sebastián Echeverría Calderón

Código: 00102672

Cédula de identidad: 1718653908

Lugar y fecha: Quito, 6 de diciembre de 2019

RESUMEN

Una de las principales fuentes de movilización en los últimos 5 años ha sido el transporte en vehículos no contaminantes como las bicicletas, en las cuales se ha visto el problema del espacio para llevar objetos. Es por tal motivo que se desarrolla el diseño y la construcción de un remolque provisto de una capacidad de carga de hasta 200 kg para el transporte de objetos con el beneficio de que este remolque pueda ser adaptado a los diferentes tipos de bicicletas que se encuentran en el mercado ecuatoriano. El remolque consta de tres partes, la primera es el chasis donde irá asentada la carga a ser transportada. La segunda partes es el brazo de acople que unirá el chasis con la bicicleta y por último se tiene la tercera parte que corresponde a la junta universal que es la unión del brazo de acople con el eje trasero de la bicicleta. El diseño de la bicicleta se rige por medio de normas europeas como la EN-14766 y la norma ecuatoriana INEN 046. Dentro de la construcción se destaca los diferentes procesos de manufactura para el desarrollo del mismo. Se espera que por medio del diseño y construcción del remolque en un futuro se pueda masificar abaratando costos de producción y satisfacer la demanda del mercado.

Palabras clave: remolque para bicicleta, bicicleta, acople bicicleta, chasis de remolque, diseño chasis bicicleta. manufactura remolque.

ABSTRACT

One of the main sources of mobilization in the last 5 years has been transport in non-polluting vehicles such as bicycles, in which the problem of space to carry objects has been seen. It is for this reason that the design and construction of a trailer with a load capacity up to 200 kg for the transport of objects is developed, with the benefit that this trailer can be adapted to different types of bicycles found in The Ecuadorian market. The trailer consists of three parts, the first is the chassis where the load to be transported will be seated. The second part is the coupling arm that will connect the chassis with the bicycle and finally there is the third part that corresponds to the universal joint that is the union of the coupling arm with the rear axle of the bicycle. The design of the bicycle is regulated by European standards such as EN-14766 and the Ecuadorian standard INEN 046. Within the construction, the different manufacturing processes for its development stand out. It is expected that through the design and construction of the trailer in the future it will be possible to massify by lowering production costs and meeting market demand

Key words: bicycle, bicycle trailer, bicycle coupling, bicycle chassis design, bicycle manufacturing,

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	4
ABSTRACT	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE FIGURAS	9
1. Introducción	11
2. Métodos y materiales.....	13
2.1. Fuerzas máximas y mínimas.....	13
2.2. Dimensiones generales remolque.	13
2.3. Normativas para juguetes.	13
2.3.1. Propiedades físicas y mecánicas.....	14
2.3.2. Inflamabilidad.....	14
2.3.3. Propiedades químicas.	15
2.3.4. Propiedades eléctricas.....	15
2.4. Normativa de bicicletas según Unión Europea.	16
2.5. Programa CAD.	17
2.6. Vida útil.	17
2.7. Materiales.	17
3. Presupuesto	18
4. Selección del diseño	18
4.1. Criterios de selección diseño del remolque.	19
4.2. Ventajas y desventajas de cada diseño.	20
4.3. Selección diseño de la junta (acople) universal.....	20
4.4. Selección brazo de acople de la estructura a la bicicleta.	21
4.5. Selección de neumáticos y aros	22
4.6. Selección material de la carpa	23
5. Encuestas sobre remolque	24
6. Diseño y análisis.....	24
6.1. Materiales.	25
6.2. Condiciones de funcionamiento.	26
6.3. Diseño final remolque.	26
6.4. Diseño del chasis.	27
6.5. Diseño del brazo y junta universal.	29
6.6. Diseño en conjunto del chasis, junta universal y brazo de acople.....	30
6.7. Diseño perno de acople al eje trasero de la bicicleta.....	38

6.8.	Diseño de eje llantas remolque.....	39
6.9.	Diseño del pasador que une el brazo de acople y remolque.....	40
6.10.	Diseño y análisis placas soporte eje llantas remolque sujetas al chasis.	41
6.11.	Diseño de carcasa	43
7.	Proceso de construcción prototipo	44
8.	Conclusiones y recomendaciones	53
9.	Referencias bibliográficas.....	56
10.	Anexos.....	57
	Anexo A: Plano de construcción y materiales.....	57
	Anexo B: Plano de construcción de base chasis.....	58
	Anexo C: Plano de construcción de carrocería.....	59
	Anexo D: Plano de construcción brazo de acople	60
	Anexo E: Plano de construcción varias partes.....	61

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Criterio de selección diseño remolque	19
Tabla 2. Especificación neumáticos.....	23
Tabla 3. Especificaciones acero ASTM A36... ..	25
Tabla 4. Especificaciones acero suave.....	25
Tabla 5. Propiedades físicas del remolque.....	31
Tabla 6. Fuerza y pares de reacción en fijaciones del chasis.....	33
Tabla 7. Resumen resultado deformaciones y esfuerzos.....	37
Tabla 8. Lista de piezas remolque.....	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Remolque marca Schwinn.....	18
Figura 2 Remolque oferta en Wonduu	19
Figura 3 Junta Universal al tubo del asiento.....	20
Figura 4 Junta universal en U al eje trasero.....	21
Figura 5 Brazo de acople al tubo del asiento.....	22
Figura 6 Brazo de acople al eje trasero de la bicicleta	22
Figura 7 Carpa de nylon remolque	24
Figura 8 Encuesta remolque	24
Figura 9 Diseño final remolque	27
Figura 10 Dimensiones chasis	28
Figura 11 Análisis de esfuerzos chasis con un esfuerzo de 3.183×10^{-3} MPa	28
Figura 12 Junta universal y brazo de acople.....	29
Figura 13 Dimensiones U	29
Figura 14 Dimensiones brazo de acople.....	29
Figura 15 Análisis de tensión Von Mises junta universal y brazo de acople	30
Figura 16 Ensamblaje final remolque.....	31
Figura 17 Restricción Fija 1	32
Figura 18 Restricción fija 2	32
Figura 19 Esfuerzo de $P = 3.183 \times 10^{-3}$ MPa aplicada al chasis	33
Figura 20 Primera tensión principal (Tracción)	34
Figura 21 Tensión de Von Mises (Falla).....	34
Figura 22 Tercera tensión Principal (Compresión)	35
Figura 23 Desplazamiento remolque en eje X.....	36
Figura 24 Desplazamiento remolque en eje Y.....	36
Figura 25 Desplazamiento remolque en eje Z.....	36
Figura 26 Simulación chasis remolque con coeficiente de seguridad mayor a 1	37
Figura 27 Deformación equivalente remolque	37
Figura 28 Perno de acople a eje trasero bicicleta	38
Figura 29 Perno acople	38
Figura 30 Análisis de tensión de Von Mises	39
Figura 31 Eje llanta remolque	39
Figura 32 Análisis tensión de Von Mises eje llantas remolque.....	40
Figura 33 Diseño Pasador que une Brazo de acople y remolque	40
Figura 34 Análisis de tensión de Von Mises pasador que une brazo de acople y remolque	41
Figura 35 Diseño de placa para soporte de eje de llantas de remolque	42
Figura 36 Análisis de tensión de Von Mises placa soporte de eje remolque	42
Figura 37 Análisis de deformación unitaria equivalente	43
Figura 38 Plancha contorno chasis y cubre llantas.....	43
Figura 39 Plano conjunto.....	44
Figura 40 Corte tubo de 1 pulgada y espesor de 2mm con ingleteadora.....	45
Figura 41 Doblado de tubo	46
Figura 42 Doblado perpendicular de tubo	46
Figura 43 Segmentos tubulares del chasis para ser soldados	47
Figura 44 Chasis Soldado por medio de soldadura FCAW.....	47
Figura 45 Corte Platina para soporte de eje de llantas traseras del remolque	48
Figura 46 Platinas de soporte eje trasero remolque soldadas al chasis	48
Figura 47 Doblado de tubo para obtención de la U de la Junta Universal	49

Figura 48 Diseño de la carcasa en plancha de Acero ASTM 36 espesor 2mm.....	49
Figura 49 Doblado lineal de plancha acero ASTM A36 espesor 2 mm.....	50
Figura 50 Resultado final doblado de plancha metálica para carcasa.....	50
Figura 51 Barolado de Cubre llantas.....	51
Figura 52 Doblado de Aletas laterales que cubren la llanta.....	51
Figura 53 Carcasa montada en el chasis.....	52
Figura 54 Prototipo Remolque terminado.....	53

1. Introducción

En el Ecuador, existen diversas formas de transportarse de un lugar a otro dependiendo de las distancias que se desee desplazar. Uno de los principales medios es el vehículo privado, motocicletas o el transporte público, pero, en los últimos 5 años ha venido tomando mayor fuerza el movilizarse en un medio que sea de fácil desplazamiento, no ocupe mucho espacio dentro de las calles y sobre todo que no contamine al medio ambiente. Es así, donde aparece la bicicleta y toma un papel importante ya que es un vehículo liviano, no requiere mayores gastos de mantenimiento y sobre todo es un transporte versátil que se lo puede llevar a cualquier lugar y acondicionar a diferentes requerimientos de acuerdo con las necesidades de las personas. Por lo expuesto anteriormente se construirá un Remolque desmontable que se pueda acoplar a cualquier tipo de bicicleta existente en el mercado. Un remolque es un vehículo de dos o más ruedas que se engancha en la parte de atrás de un vehículo. A diferencia de un remolque convencional se realizarán algunas modificaciones para que pueda ubicarse en la parte de atrás junto con dos ruedas y pueda llevar diversas prestaciones incorporadas como lo es una tienda de acampar, y distintos aditamentos para actividades al aire libre, etc. Esta adaptación para la bicicleta se la hace con el objetivo de extender las prestaciones y el uso de esta para actividades de transporte, recreación, ahorro de espacio y recursos al momento de trasladarse.

De acuerdo a las necesidades que se presentan a diario y en respuesta a estos requerimientos para la movilización de personas, diferentes actores han tratado de llevar la movilización a un nivel mucho más simple y menos contaminante. Se han creado vehículos pequeños para llevarlos junto con la bicicleta, pero el tamaño y la facilidad de acoplarse de una a otra, junto con las prestaciones reducidas de estos diferentes remolques

han generado un desinterés por parte del público. Adicionalmente el alto costo de los diferentes tipos de remolque que existen para bicicletas.

Se han desarrollado diferentes modelos de remolques para bicicletas que se usan en distintas actividades. La mayoría han sido para llevar carga, niños o un asiento para una tercera persona. Existen modelos que van desde una sola rueda con un brazo hasta vehículos con dos ruedas y varios brazos que se desarman por completo para formar una pequeña casa. De igual manera existen tesis desarrolladas sobre el uso de remolques prefabricados, los cuales el usuario puede armar desde casa sin la necesidad de un técnico especializado como menciona la tesis desarrollada por Otero A. con el título de “Diseño de un remolque de carga para países en vías de desarrollo”(2018) o Fernandez C. “Remolque para bicicleta en laminado de madera”(2013).

Dentro de los objetivos se encuentra desarrollar y construir un vehículo de transporte que se puede acoplar a la parte de atrás de una bicicleta y diferentes modelos existentes en el mercado ecuatoriano. Dentro de las especificaciones del desarrollo y la construcción del remolque este deberá resistir a fuerzas de carga promedio de 110 kilos. Así como, un proceso de manufactura sencillo y de bajo costo para poder tener un costo final dentro de los \$350 dólares.

Se espera obtener un remolque liviano y a la vez resistente capaz de sostener a una persona promedio de 70 kilos junto con su equipaje y diferentes accesorios con un peso aproximado de 20 kilos. Se tendrán esfuerzos cortantes en las juntas de los brazos, así como en los pines de sujeción.

El centro de masa del remolque se establecerá en la línea de equilibrio transversal o abajo de la misma, lo cual dará una mayor estabilidad a todo el sistema.

Dentro de los planos se puede evidenciar cada una de las partes a ser construidas como lo es la junta universal, marco de soporte, brazo oscilante, pines de sujeción.

2. Métodos y materiales

Para tener una idea clara de los diferentes tipos de bicicletas que existen en el mercado ecuatoriano y diseñar un remolque dentro de los parámetros establecidos. Se tomó una muestra de 20 bicicletas para determinar la altura, largo y puntos de sujeción promedio para poder colocar el remolque.

El remolque deberá tener un acople universal que permita la conexión a diferentes modelos de bicicletas.

2.1. Fuerzas máximas y mínimas.

Las fuerzas que registrarán a los soportes junto con el brazo oscilante están dadas por el peso una persona promedio (80 kilos) más el peso del equipaje y accesorios (20 kilos). Deberá soportar una carga máxima de 200 kilos como factor de seguridad y una mínima de 20 kilos.

2.2. Dimensiones generales remolque.

Todo el sistema junto con el brazo oscilante y carcasa mide de largo 1.80 metros y de ancho 1.20 metros

2.3. Normativas para juguetes.

Según la directiva de la CEE y el Artículo I “Se entenderá por juguete todo producto concebido o manifiestamente destinado a ser utilizado con fines de juego por niños de edad inferior a 14 años”. Este artículo aplica a nuestro remolque, ya que el remolque va dirigido a personas de todas las edades. La norma establece dos tipos de riesgos para los juguetes los cuales no se puede pasar por alto. Una de ellas es la de riesgos esenciales

que establece que “los usuarios de juguetes y terceras personas deban quedar protegidos, en circunstancias de uso normal contra los riesgos para la salud y las lesiones corporales. Por otro lado, están los riesgos particulares los cuales evalúan las propiedades físicas y mecánicas. Se ha tomado algunos literales para la construcción del remolque

2.3.1. Propiedades físicas y mecánicas.

- a) Los juguetes y sus partes, así como sus fijaciones en el caso de juguetes desmontables, deberán tener la resistencia mecánica, y en su caso, la estabilidad suficiente para soportar las tensiones debidas al uso sin roturas o deformaciones que puedan causar heridas.
- b) Los bordes accesibles, salientes, cuerdas, cables y fijaciones de los juguetes deben diseñarse y construirse de manera que el contacto con ellos no presente riesgos de lesiones corporales.
- c) Los juguetes, sus partes y los embalajes en que se presenten para su venta al por menor no deberán presentar riesgo de estrangulamiento o asfixia.

2.3.2. Inflamabilidad.

- a) Los juguetes que contengan elementos que produzcan calor deberán construirse de tal forma que la temperatura máxima que alcance cualquier superficie accesible no pueda provocar quemaduras al tocarlas,
- b) Los líquidos, vapores y gases que se encuentren en el interior de los juguetes no alcancen temperaturas o presiones cuyo escape, salvo por motivos indispensables para el buen funcionamiento del juguete, pueda provocar quemaduras u otros daños físicos.

2.3.3. Propiedades químicas.

Las propiedades químicas se pueden establecer dentro de la selección de la pintura que recubre el remolque.

- a) Los juguetes deberán ser diseñados y fabricados de forma que su ingestión, inhalación, contacto con la piel, las mucosas o los ojos no presenten riesgos para la salud o peligros de heridas.
- b) En particular, para proteger la salud de los niños, la biodisponibilidad diaria resultante del uso de los juguetes no debe exceder de:
 - 0,2 µg de antimonio
 - 0,1 µg de arsénico
 - 25,0 µg de bario
 - 0,6 µg de cadmio
 - 0,3 µg de cromo
 - 0,7 µg de plomo
 - 0,5 µg de mercurio
 - 5,0 µg de selenio

2.3.4. Propiedades eléctricas.

- a) La tensión eléctrica de los juguetes que funcionen con electricidad no podrá exceder de 24 voltios, y ninguna pieza del juguete llevará más de 24 voltios.

- b) Las partes de juguetes en contacto o que puedan entrar en contacto con una fuente de electricidad capaz de provocar una descarga eléctrica, así como los cables u otros conductores por los que se lleve la electricidad a tales partes, deberán estar suficientemente aislados y protegidos mecánicamente para evitar el riesgo de descarga.
- c) Los juguetes eléctricos deberán diseñarse y construirse de forma que se garantice que las temperaturas máximas que alcancen todas las superficies directamente accesibles no provocarán quemaduras al tocarlas.

Una vez cumplidos estos requisitos básicos para la construcción del remolque, este podrá ser calificado por la CEE para ser aprobado o rechazado.

2.4. Normativa de bicicletas según Unión Europea.

La normativa aplicada según la Unión Europea para el tipo de bicicletas a la cuales estarán destinadas el remolque están reunida según la AENOR(2005) entre la normativa EN 14764 y la EN 14766 , que especifica los métodos de ensayo y los requisitos de seguridad y prestaciones a observar durante el diseño, el montaje y los ensayos de estas bicicletas. Existen cuatro normas europeas que rigen la totalidad de los diferentes tipos de bicicletas:

- EN 14764: Bicicletas de Paseo. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo.(AENOR, 2005)
- EN 14765: Bicicletas de Niños. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo. (AENOR,2005)
- EN 14766: Bicicletas de Montaña. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo. (AENOR,2005)

- EN 14781: Bicicletas de Carrera. Requisitos de seguridad y métodos de ensayo. (AENOR,2005)

2.5. Programa CAD.

El método de análisis para el estudio de las fuerzas que actúan en la estructura, eje y juntas se realizará por medio de programa CAD como AutoCAD Inventor 2019 y SolidWorks 2018. Estos programas ayudarán a confirmar los datos de las fuerzas encontrados experimentalmente mediante simulaciones y permitirá detallar las partes que están más expuestas a tener fallas y poder incrementar su confiabilidad.

2.6. Vida útil.

El remolque deberá tener una vida útil bajo situaciones de máximo abuso de no menos de 3 años y bajo condiciones normales una vida útil de 6 años. La vida útil se podrá extender con un cuidado respectivos al no exceder la capacidad máxima de carga de 150 kilos o que el vehículo sea sometido a circunstancias que afecten su desempeño como golpes, cambio de partes no acordes al modelo, no realizar mantenimientos preventivos como engrase de las partes y revisión de las partes sujetas a vibración.

2.7. Materiales.

El uso de materiales de acero, aluminio y aleaciones se podrán evidenciar en la estructura del remolque, así como en el eje central que soporta las llantas y a su vez una gran parte del peso de toda la estructura. Dentro de los accesorios se puede denotar materiales como el recubrimiento de la carpa que es de poliéster y nylon el cual permite una hermeticidad del componente.

Algunas partes requerirán soldadura las cuales se deberán regir a normas establecidas por la ASME y por entes reguladores. Como lo es la norma europea para bicicletas EN 14764 – EN 14766.

3. Presupuesto

Al ser un artefacto que se proyecta a ser de consumo masivo los gastos no deben ser muy elevados para una buena competencia en el mercado. Los distintos modelos que se ofertan vitrina tienen un precio de venta al público desde los \$300 dólares en adelante dependiendo de los servicios y facilidades que estos tengan. Se presupuesta para este proyecto ya terminado un costo de \$280 dólares

4. Selección del diseño

En el mercado existen varios modelos de remolque para bicicletas lo cuales varían de acuerdo a la actividad en los que se vayan a desempeñar, para fines de este proyecto se han tomado dos modelos de referencia. Uno de ellos es un remolque de la marca Schwinn (Figura 1) y la segunda opción es un diseño tomado desde la página web de wonduu (Figura 2) el cual se comercializa en varias páginas de internet.



Figura 1 Remolque marca Schwinn



Figura 2 Remolque oferta en Wonduu

4.1. Criterios de selección diseño del remolque.

El primer criterio de selección para la construcción del remolque es que tenga un diseño sencillo en el cual pueda llevarse casi cualquier cosa y en su máximo punto una persona de estatura pequeña que no vaya más allá de 1.50 metros. Segundo, al ser un accesorio que puede ser montado en todo tipo de bicicletas debe tener un sistema de acople universal y de fácil montaje. Tercero, al ser una extensión del cuerpo de la bicicleta debe tener estabilidad sin el riesgo de virarse, así como ayuda en la maniobrabilidad al momento de realizar giros el cual constará con 2 grados de libertad. Cuarto, el número de llantas debe ser de un máximo de 2.

Tabla 1. Criterios de selección diseño remolque

Criterio	Remolque Schwinn	Remolque wonduu
Practicidad	SI	
Capacidad de carga	SI	SI
Sistema de Acople	SI	
Maniobrabilidad	SI	
Numero de llantas	SI	SI

4.2. Ventajas y desventajas de cada diseño.

Si bien es cierto los dos cumplen la tarea de cargar cosas y estar conectadas a la bicicleta el sistema de acople del remolque schwinn que va directo al eje de la bicicleta le da una mayor estabilidad y un mejor radio de giro, lo cual cumple con la practicidad y ,maniobrabilidad. Ambos, diseños funcionan con dos llantas, pero el wonduu tiene la posibilidad de comprarse con una tercera llanta. El sistema de acople universal tiene una ventaja al ir hacia el eje trasero de la bicicleta ya que se puede usar este eje que es roscado para poder adaptarlo para la sujeción, por tal motivo la selección sería el diseño Schwinn.

4.3. Selección diseño de la junta (acople) universal.

Una de las decisiones para tomar en cuenta el diseño de la junta universal es la cantidad de componentes que se deben usar, así como su practicidad. Se escogió dos modelos , el primero va conectado al tubo del asiento de la bicicleta (Figura 3) y el segundo va conectado directamente al eje trasero de la bicicleta . Como se mencionó en el anterior literal uno de los diseños a considerar sería el del schwiin y de este podemos partir de un acople de dos brazos o un brazo en U que va del remolque a la bicicleta figura 4.



Figura 3 Junta Universal al tubo del asiento



Figura 4 Junta universal en U al eje trasero

Una vez analizadas las dos opciones de las juntas o acoples propuestos se decidió por la segunda opción de acople en U hacia el eje trasero, ya que se ocupa un menor número de componentes y cumple con los requisitos mínimos de grados de libertad.

4.4. Selección brazo de acople de la estructura a la bicicleta.

La selección del brazo es muy importante ya que se requiere que este elemento soporte fuerzas de tracción al momento de jalar y detener el remolque. Adicionalmente, no deberá interrumpir con el libre movimiento de la bicicleta, así como del remolque.

De acuerdo con el diseño del acople universal será definida la forma del brazo, para esto se toma en cuenta la primera opción que es un brazo que sale de tubo del asiento formando un semicírculo alrededor de la llanta trasera y que va hacia el remolque como se muestra en la figura 5. La segunda opción es la que va desde al acople del eje de la llanta trasera de la bicicleta hacia el remolque ver figura 6.



Figura 5 Brazo de acople al tubo del asiento



Figura 6 Brazo de acople al eje trasero de la bicicleta

De estas dos opciones la que menos esfuerzo denota en su brazo y que no requiere de demasiados dobleces a lo largo de su estructura es la segunda opción. Esta podrá ser modificada para que se enganche a un solo lado el eje o a los dos lados.

4.5. Selección de neumáticos y aros

En relación con la selección de materiales para las ruedas no se necesita fabricar ya que se encuentra disponible en el mercado, desarrollados especialmente para bicicletas que alcanzan una velocidad de 50 km/h, combinados con caucho de alta flexibilidad. Resultando un fondo de llanta extremadamente resistente a los cortes y las perforaciones

con una resistencia al rodado sorprendentemente baja gracias a su alto grado de elasticidad. De esta forma se logra conservar tanto la energía como el medio ambiente. Ni los procesos de aceleración rápida, ni las altas velocidades a la hora de doblar representan un problema para este fondo de llanta. Por lo cual se escoge la llanta marca Eagle de 18 pulgadas, capacidad de inflado de 40 – 45 psi o (280 – 350 KPa), Capacidad de carga de 80 a 100 Kg.

Tabla 2. Especificación Neumáticos

Nombre:	Llanta marca Eagle	
General	Diámetro	18 pulgadas
	Presión de inflado	40 – 45 PSI
	Capacidad de carga	80 -100 KG

No se toma en cuenta para el análisis de carga ya que son componente fabricados y disponibles para la venta.

4.6. Selección material de la carpa

Debido a que es un artefacto diseñado para el uso exterior y que va a cargar diferentes cosas que en muchos casos puede existir la posibilidad de que se moje o caiga alguna sustancia dentro del remolque, se busca que exista una cubierta tipo carpa para evitar que esto suceda. De acuerdo a los diseños vistos en los diferentes remolques que existen en el mercado ver figura 7, se busca que sea muy rápida de colocar y que no requiera de estructuras adicionales por lo cual se considera el uso de una lona impermeable de nylon que cubra total o parcialmente el remolque y vaya sujeta a la carcasa del remolque mediante velcro.



Figura 7 Carpa de nylon remolque

5. Encuestas sobre remolque

Mediante la encuesta a un grupo de 100 personas que varían entre las edades de 15 y 50 años se procedió a realizar el siguiente cuadro:

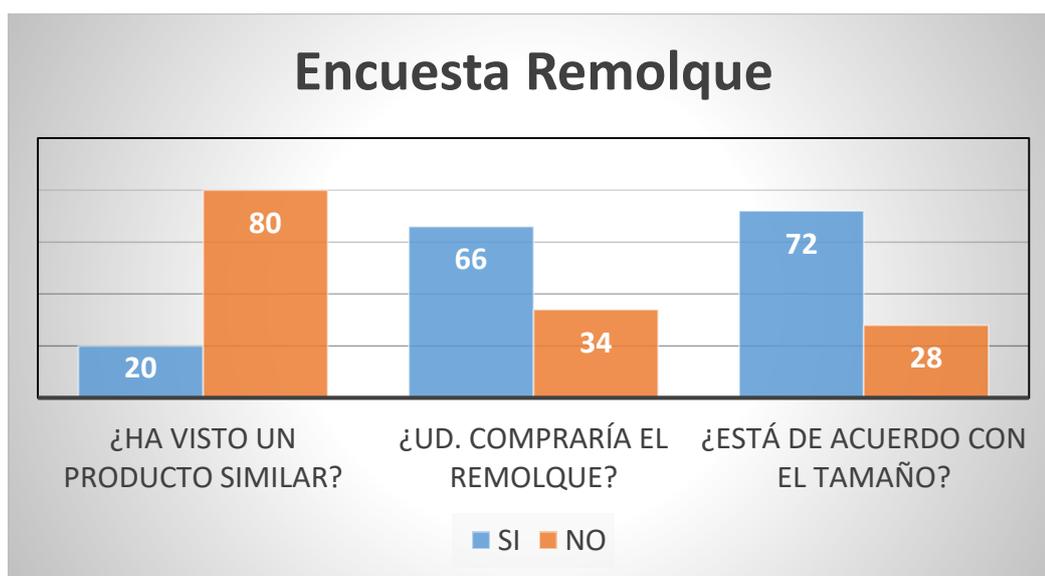


Figura 8 Encuesta remolque

6. Diseño y análisis

Una vez ya definido el diseño de cada una de las partes del remolque se procede al análisis de estructural, el cual nos permitirá saber los esfuerzos a los que está sometida la estructura. Como parámetros básicos se tomará en cuenta lo siguiente

- Capacidad de Remolque: 150 Kg

- Factor de seguridad de 30%
- Peso total a considerar incluido factor de seguridad: 200 Kg

6.1. Materiales.

Los materiales seleccionados son accesibles y de norma vigente en el mercado ecuatoriano y se lo puede comprar fácilmente, por tal motivo se presenta las siguientes tablas con el tipo de acero que se utilizará en la construcción del chasis, así como el uso de acero en componentes de fabricación en masa.

ASTM A36: Para los componentes a fabricar como se muestra a continuación: Chasis de remolque, Brazo de unión, Perno de anclaje tipo diablo.

Tabla 3. Especificaciones acero ASTM A36

Nombre	Acero ASTM A36	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	248,225 MPa
	Resistencia máxima a tracción	399,9 MPa
Tensión	Módulo de Young	199,959 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,3 su
	Módulo cortante	76,9073 GPa

Acero suave: Para componentes prefabricados como: Arandelas circular M14, Espárragos M14, Tuerca M14.

Tabla 4. Especificaciones Acero Suave

Nombre	Acero, suave	
General	Densidad de masa	7,85 g/cm ³
	Límite de elasticidad	207 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345 MPa

Tensión	Módulo de Young	220 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
	Módulo cortante	86,2745 GPa

6.2. Condiciones de funcionamiento.

El remolque es una estructura que va a estar sujeto a un peso de 200 kg ya incluido el 30% de factor de seguridad, el cual se estima que va a ser el peso total de una persona junto con todas las pertenencias que pueda cargar (peso referencial), así como la capacidad máxima de carga de este.

Este tipo de peso se transformará a una carga por presión a la cual estará sometida la estructura.

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1961.3\text{N}}{0.616 \text{ m}^2}$$

$$P = 3.183 \times 10^{-3} \text{ MPa}$$

La estructura estará sometida a una presión de 3.183×10^{-3} MPa, esto será el esfuerzo que debe soportar el remolque.

6.3. Diseño final remolque.

Una vez ya establecido el diseño de cada uno de los componentes del remolque con el diseño del chasis, el brazo universal y el acople universal, se procede a realizar el boceto en general

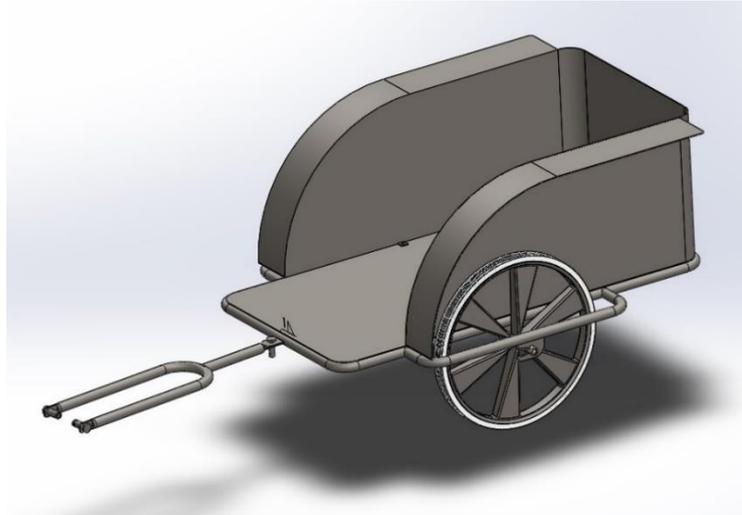


Figura 9 Diseño final remolque

6.4. Diseño del chasis.

Con la premisa de que el chasis debe ser lo más sencillo posible y cargar un peso de 200 Kg se escogió que la estructura sea de tubo circular de las siguientes especificaciones:

- Diámetro: 1 pulgada
- Espesor: 2 mm
- Propiedades Acero ASTM A36

A continuación, se presenta las dimensiones del chasis

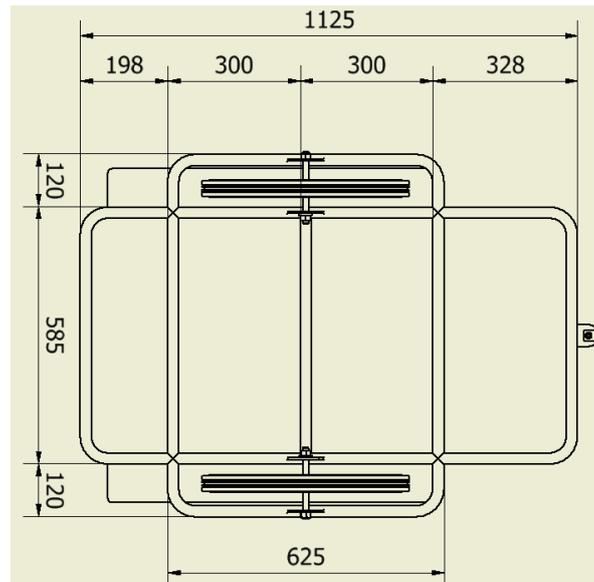


Figura 10 Dimensiones chasis

Una vez con las dimensiones y el tipo de material ya establecidos se procede por medio del programa SOLIDWORKS a realizar el análisis de esfuerzos en el chasis como se muestra en la figura 11.

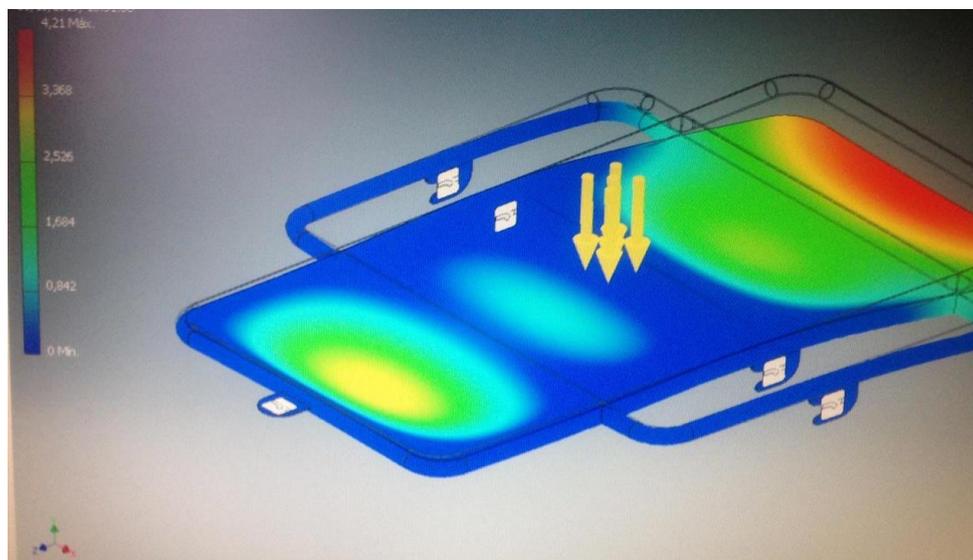


Figura 11 Análisis de esfuerzos chasis con un esfuerzo de 3.183×10^{-3} MPa

De la simulación se puede obtener que al aplicar la esfuerzo de 3.183×10^{-3} MPa existe un desplazamiento en la parte trasera del remolque de 4mm la cual no implica ningún riesgo de que la estructura colapse o sufra alguna fisura que comprometa su uso.

6.5. Diseño del brazo y junta universal.

Uno de los principales retos es el diseño del brazo y de la unión que va hacia la bicicleta. Se escogió una unión en forma de U la cual estará sujeta al mismo acero ASTM A36 del cual está hecho el chasis. Se muestra a continuación el diseño y las medidas:

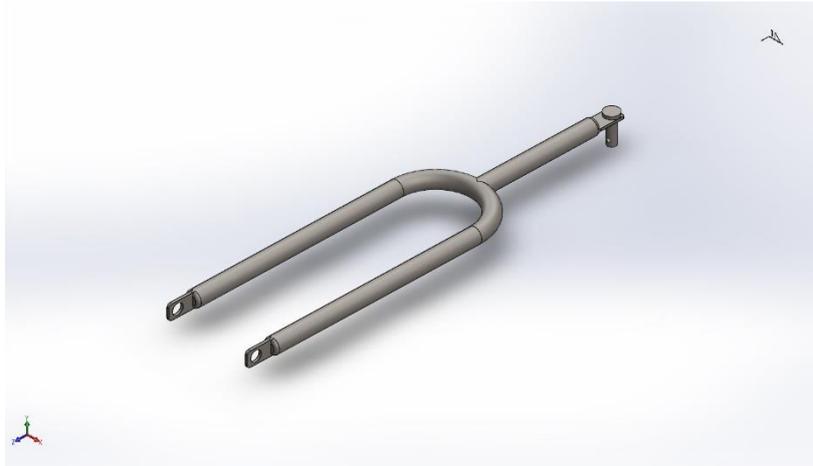


Figura 12 Junta universal y brazo de acople

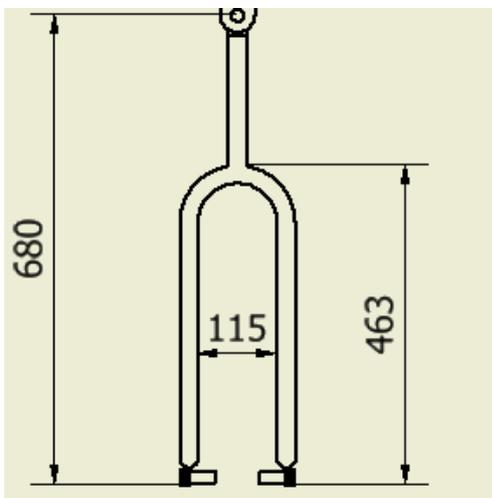


Figura 13 Dimensiones U

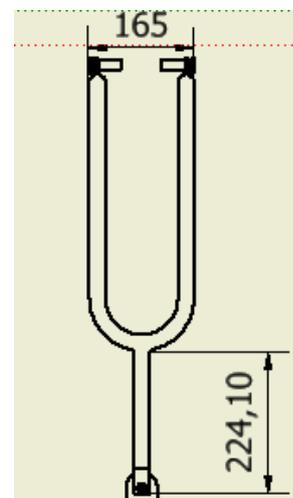


Figura 14 Dimensiones brazo de acople

De la misma manera que se hizo el análisis de esfuerzo en el chasis se lo hace con la junta universal y el brazo en el programa SolidWorks, el cual nos da un análisis de

esfuerzo tomando en cuenta las propiedades del tubo circular de 1 pulgada y 2mm de acero ASTM A36 como se muestra en la figura 14.

Suposiciones:

- Se analiza aplicando un factor de seguridad del 30% a la capacidad de carga de 150kg
- Al análisis estático se agrega el análisis de la fuerza necesaria para mover el remolque a una velocidad constante.
- Se suma las reacciones 1 que es $F_y = 142,125\text{N}$; $F_z = -84.44\text{N}$ del análisis estático del chasis, a las fuerzas necesarias para vencer la fuerza de fricción del remolque.
- Coeficiente de fricción para asfalto viejo de 0,70.

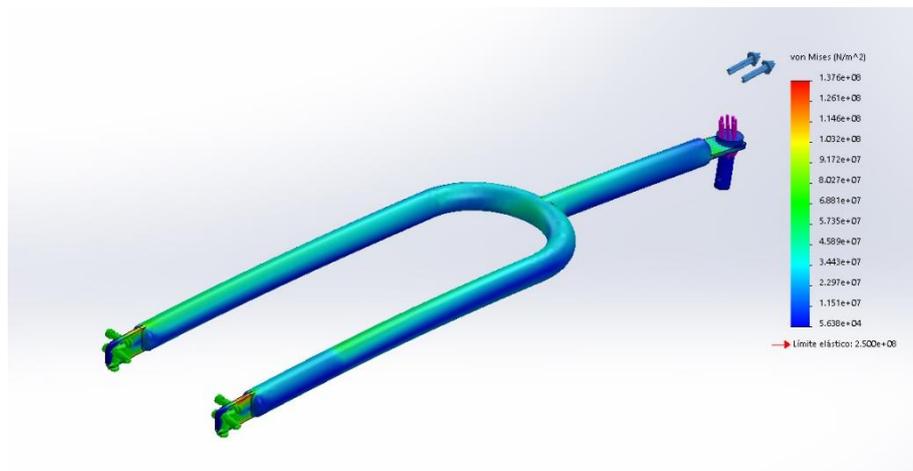


Figura 15 Análisis de tensión Von Mises junta universal y brazo de acople

- Los datos registrados muestran el buen comportamiento del brazo de unión de la bicicleta. Tomando en cuenta que se analizó con su límite de seguridad que es del 30%. Lo que quiere decir que para la carga normal prevista de 150 kg funcionará perfectamente.

6.6. Diseño en conjunto del chasis, junta universal y brazo de acople.

Una vez obtenidos los esfuerzos principales a los cuales va a estar sometido cada una de las partes por separado se procede a estudiar la estructura en conjunto lo cual va a combinar los esfuerzos que en unos casos serán mayores o menores debido a la distribución de la fuerza a lo largo de todo el remolque lo cual tendrá un favorecimiento en la resistencia de la misma.

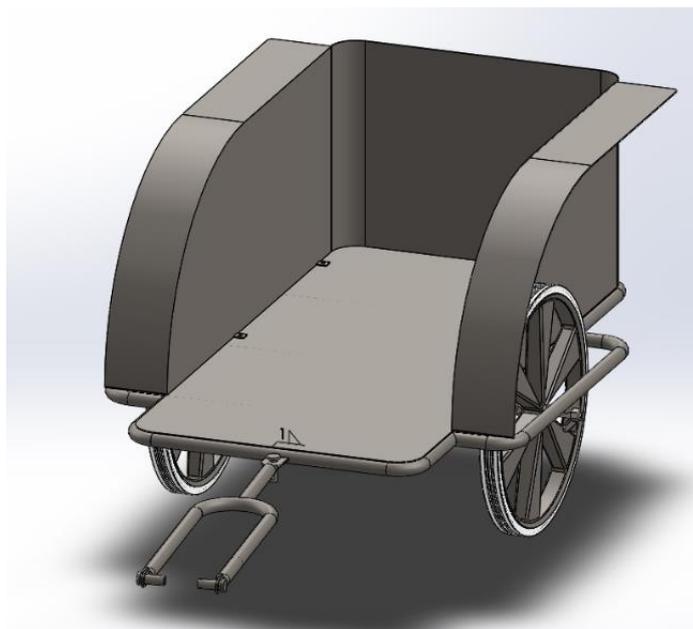


Figura 16 Ensamblaje final remolque

Como primer paso se debe tomar en cuenta las propiedades físicas del remolque, que de acuerdo al programa SOLIDWORKS da la siguiente tabla

Tabla 5. Propiedades físicas del remolque

Masa	22,8694 kg
Área	2324960 mm ²
Volumen	2913300 mm ³
Centro de gravedad (Aprox)	x=-1103,1 mm y=-653,412 mm z=3247,87 mm

Una vez que están unidas las piezas en conjunto se procede a analizar cada una de las partes en conjunto. Dentro de esto se tomará en cuenta las partes donde van asentados los ejes de las llantas, así como donde van a ir sujetos los pernos tipo diablo a la llanta trasera de la bicicleta como se muestra la figura 17 y figura 18.

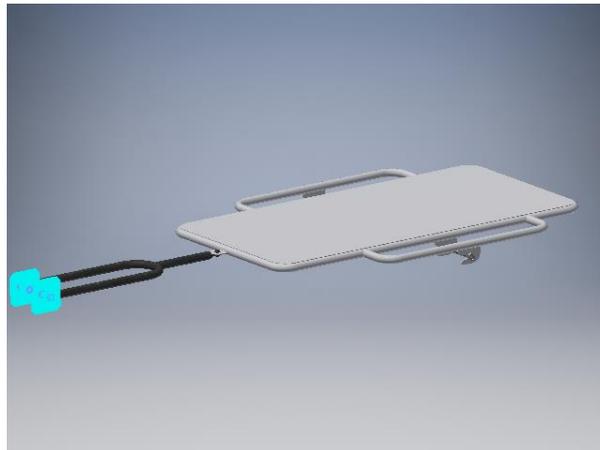


Figura 17 Restricción Fija 1

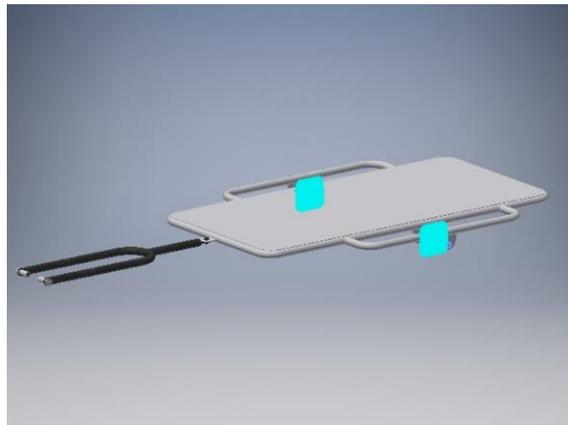


Figura 18 Restricción fija 2

Después de fijar las partes se procede a realizar el análisis de esfuerzos tomando en cuenta la presión $P = 3.183 \times 10^{-3}$ MPa.

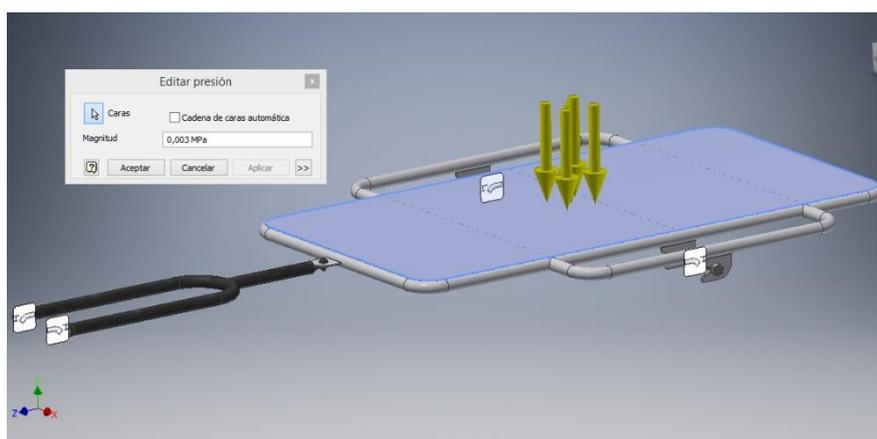


Figura 19 Esfuerzo de $P = 3.183 \times 10^{-3} \text{ MPa}$ aplicada al chasis

Al haber aplicado la presión sobre el chasis se obtiene el siguiente cuadro donde se especifica las reacciones sobre cada una de las fijaciones realizando que la sumatoria de fuerzas es igual a cero

$$\sum F = 0$$

Tabla 6. Fuerza y pares de reacción en fijaciones del chasis

Nombre de la restricción	Fuerza de reacción		Pares de reacción	
	Magnitud	Componente (X, Y, Z)	Magnitud	Componente (X, Y, Z)
Restricción fija 1	165,317 N	0 N	75,2675 N m	75,2675 N m
		142,125 N		0 N m
		-84,4412 N		0 N m
Restricción fija 2	2023,94 N	0 N	43,294 N m	-43,294 N m
		2022,18 N		0 N m
		84,4253 N		0 N m

Siguiendo la misma lógica del programa se procede a encontrar la primera tensión principal la se explica a continuación de acuerdo con el programa Autodesk Inventor 2019; “La primera tensión principal proporciona el valor de la tensión que es normal al plano en el que la tensión de corte es cero. La primera tensión principal ayuda a

comprender la tensión de elasticidad máxima inducida en la pieza por las condiciones de carga. ” por consiguiente se obtiene la siguiente figura

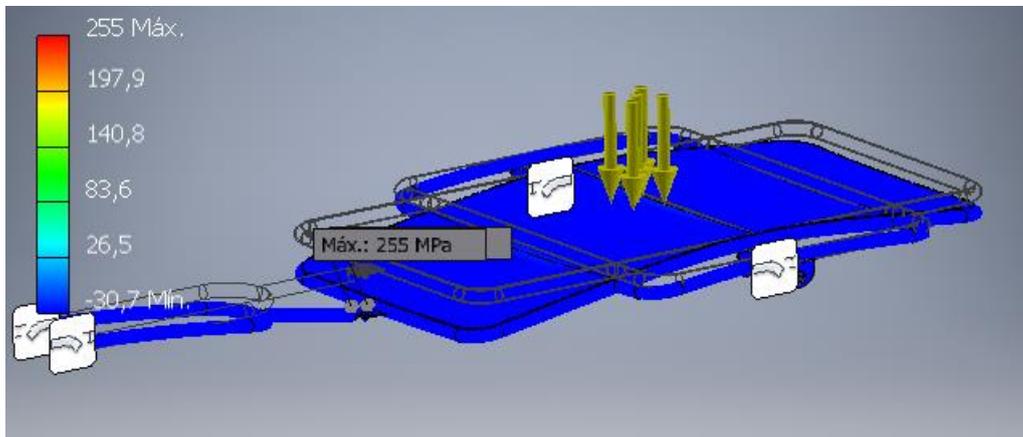


Figura 20 Primera tensión principal (Tracción)

En esta figura se puede observar que la primera tensión principal máxima es de 255MPa.

De igual manera se procede para obtener la tensión de Von Mises, la cual nos indica la máxima cantidad de fuerza que puede soportar la estructura antes de sufrir alguna falla. Esto se lo puede apreciar en la figura 20.

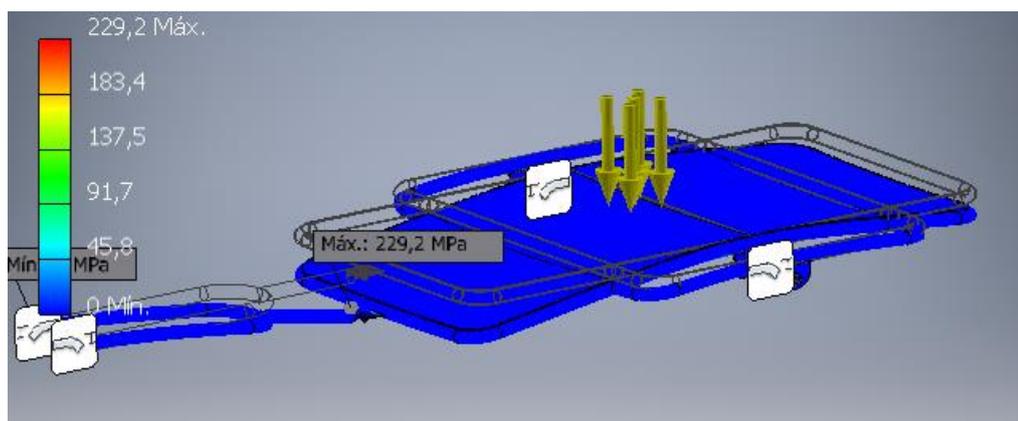


Figura 21 Tensión de Von Mises (Falla)

La tensión de Von Mises de acuerdo con el diseño y tipo de material se puede establecer en un valor de 229.2 MPa

A continuación, se procede a obtener la tercera tensión principal que corresponde de la cual estable que “ La tercera tensión principal actúa en la dirección normal al plano en el que la tensión de corte es cero. Ayuda a comprender la tensión máxima de compresión inducida en la pieza por las condiciones de carga.” Lo cual nos indica la figura 21

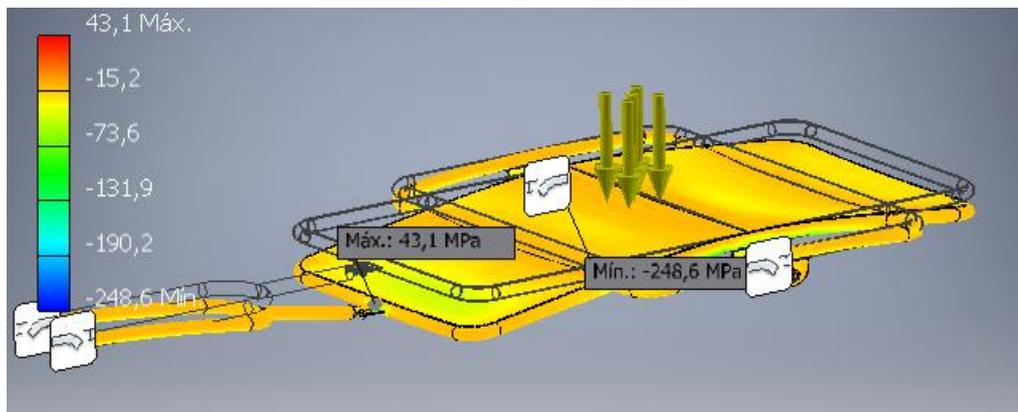


Figura 22 Tercera tensión Principal (Compresión)

Se evidencia que existe un valor máximo de compresión de -248.6 MPA lo cual está dentro del rango de funcionamiento del material.

Todas estas simulaciones de esfuerzos de acuerdo con el programa de SolidWorks nos afirman que el diseño y el material seleccionado soportan las cargas a los cuales va a estar sometido el remolque. A continuación, se muestran las figuras con los distintos desplazamientos en cada uno de los ejes X,Y & Z.

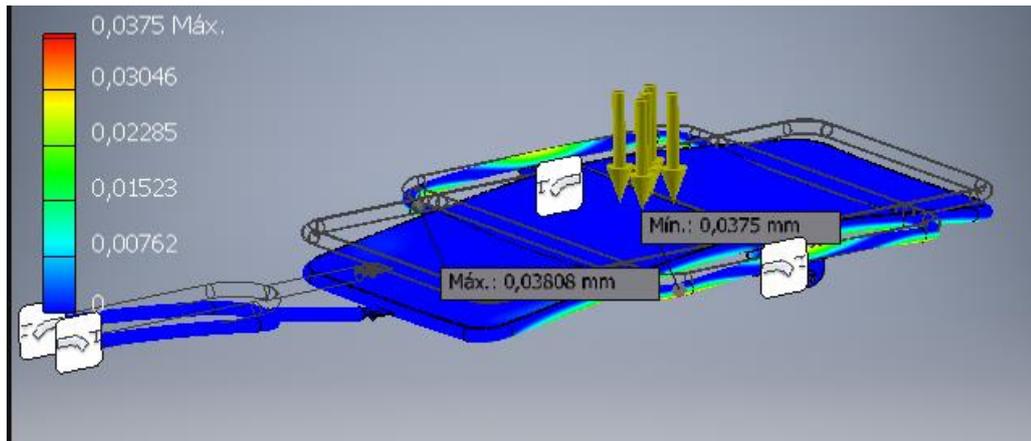


Figura 23 Desplazamiento remolque en eje X

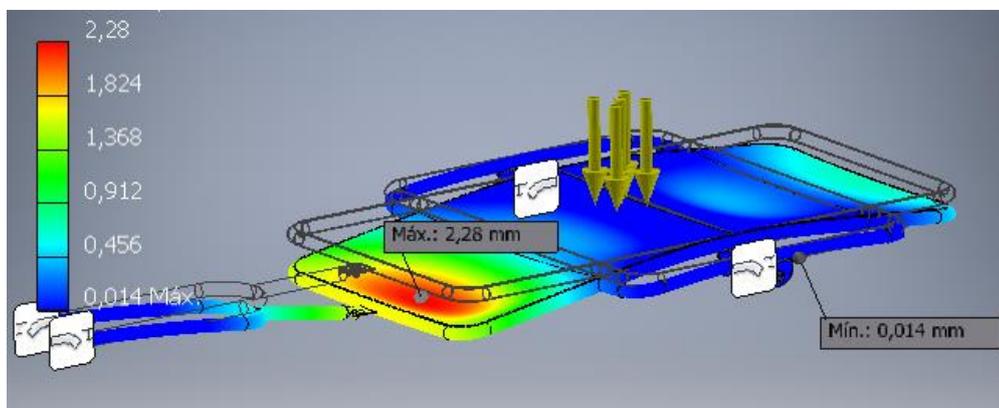


Figura 24 Desplazamiento remolque en eje Y

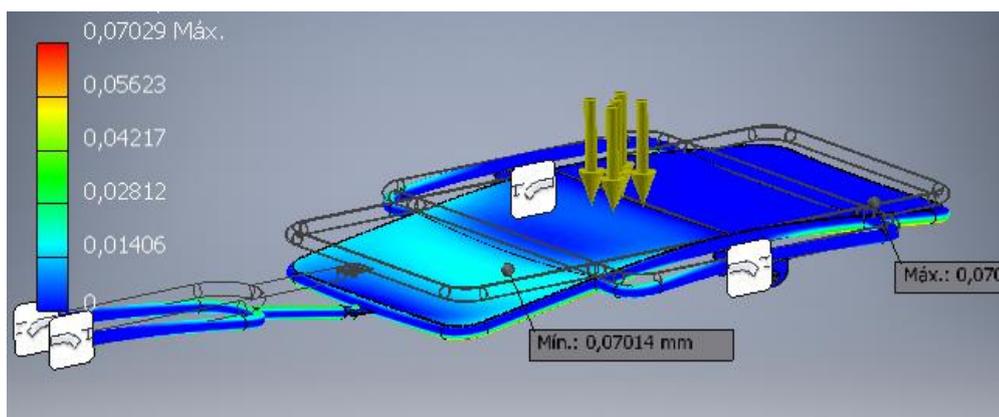


Figura 25 Desplazamiento remolque en eje Z

Es importante realizar una simulación con el coeficiente de seguridad como se muestra en la figura 26

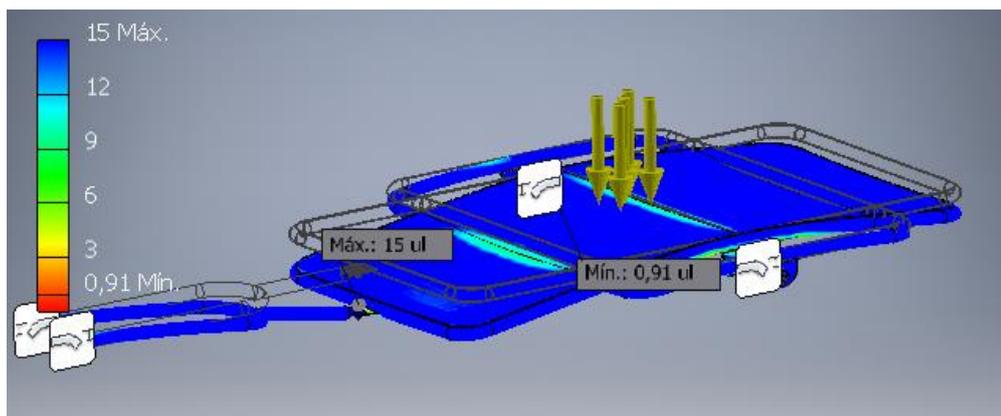


Figura 26 Simulación chasis remolque con coeficiente de seguridad mayor a 1

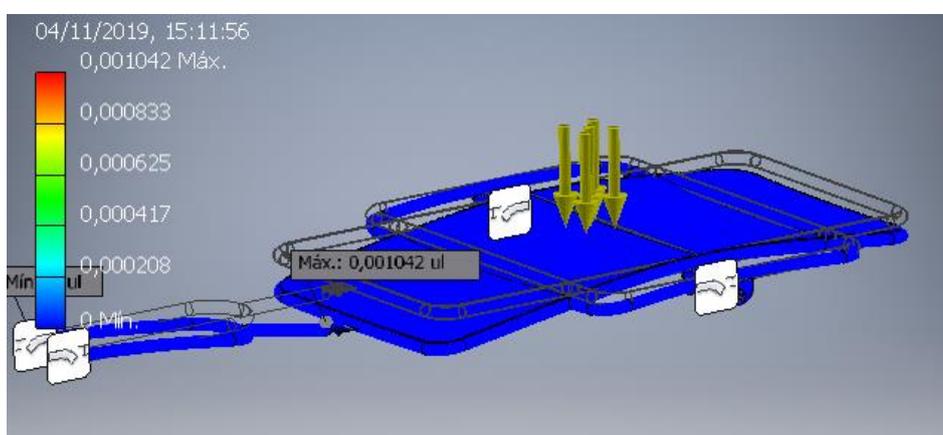


Figura 27 Deformación equivalente remolque

Para tener una visión general o resumen de todos los esfuerzos y deformaciones halladas en la simulación del conjunto se realizar la siguiente tabla

Tabla 7. Resumen resultado deformaciones y esfuerzos

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	2913400 mm ³	
Masa	22,8702 kg	
Tensión de Von Mises	0,000012431 MPa	229,23 MPa
Primera tensión principal	-30,6675 MPa	255,034 MPa
Tercera tensión principal	-248,565 MPa	43,1187 MPa
Desplazamiento	0 mm	2,28038 mm

Desplazamiento X	-0,0380789 mm	0,0375032 mm
Desplazamiento Y	-2,28029 mm	0,0144987 mm
Desplazamiento Z	-0,0701449 mm	0,0702913 mm
Deformación equivalente	0,0000000000582566 su	0,0010415 su

6.7. Diseño perno de acople al eje trasero de la bicicleta

El perno de acople del remolque es donde irá sujeto al eje trasero de la bicicleta haciendo que el remolque se una al brazo y a la U como se evidencia en la figura 28



Figura 28 Perno de acople a eje trasero bicicleta

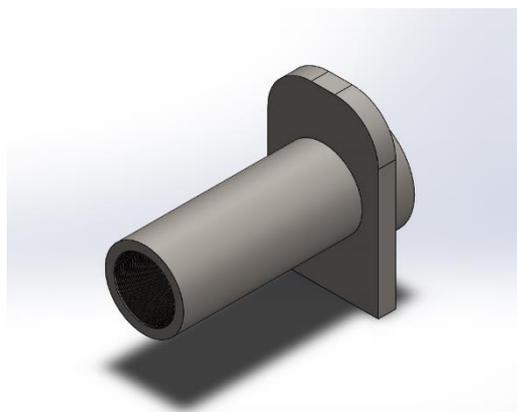


Figura 29 Perno acople

A continuación, se realiza el análisis de esfuerzos en los pernos tomando en cuenta que la fuerza va a ser dividida para los dos pernos, lo cual da el siguiente resultado:

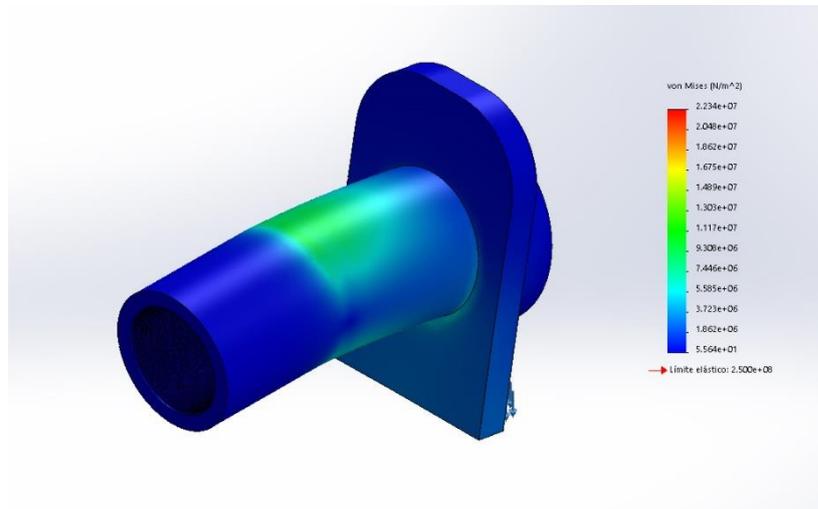


Figura 30 Análisis de tensión de Von Mises

De la figura 30 se puede obtener que el resultado del análisis de esfuerzo marca un límite elástico de 2.50×10^8 .

6.8. Diseño de eje llantas remolque.

El diseño de este eje se toma en cuenta en donde van a ir la llantas del remolque y servirán de eje. Es un acero ASTM A36.

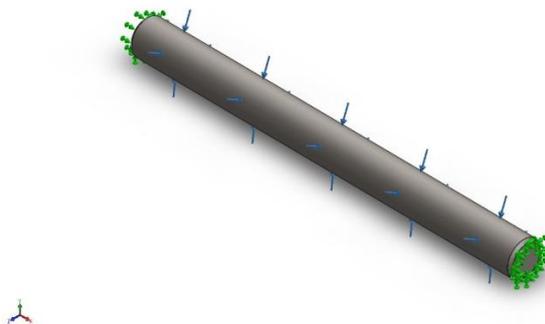


Figura 31 Eje llanta remolque

De acuerdo al análisis de esfuerzo la tensión de von mises y su límite elástico se puede evidenciar lo siguiente:

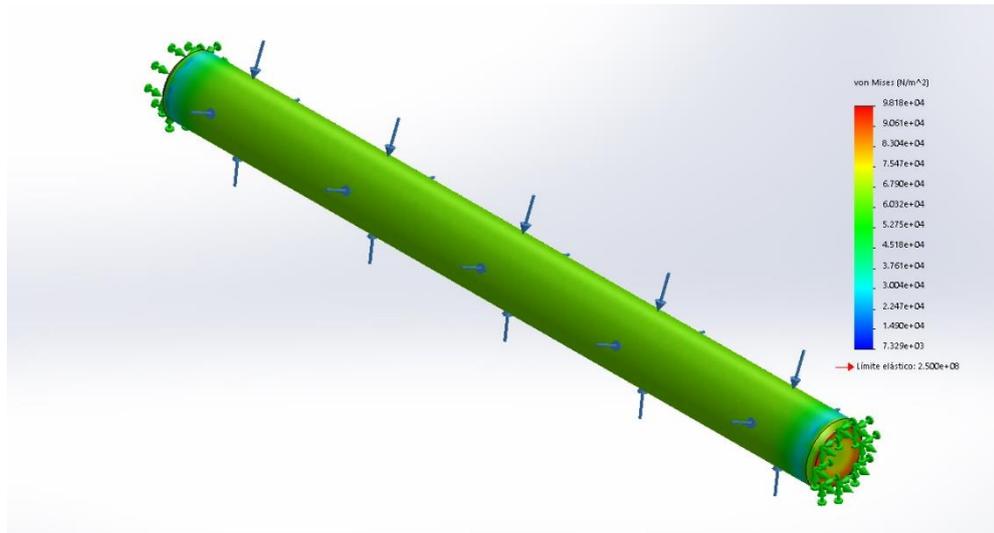


Figura 32 Análisis tensión de Von Mises eje llantas remolque

6.9. Diseño del pasador que une el brazo de acople y remolque.

El pasador será la pieza fundamental para soportar las fuerzas de tensión que se transmiten a lo largo del remolque desde la bicicleta al momento de realizar el arranque y jalar la estructura.

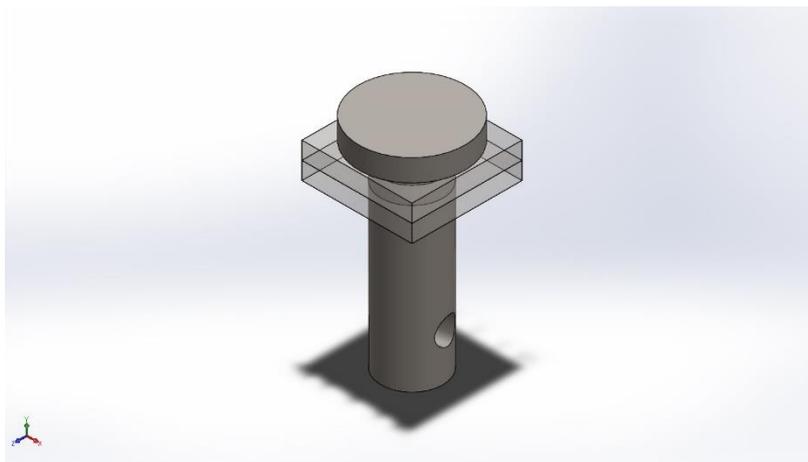


Figura 33 Diseño Pasador que une Brazo de acople y remolque

Suposiciones

- Se analiza aplicando un factor de seguridad del 30% a la capacidad de carga de 150kg
- Al análisis estático se agrega el análisis de la fuerza necesaria para mover el remolque a una velocidad constante.
- Se suma las reacciones 1 que es $F_y = 142,125\text{N}$; $F_z = -84,44\text{N}$ del análisis estático del chasis, a las fuerzas necesarias para vencer la fuerza de fricción del remolque.
- Coeficiente de fricción para asfalto viejo de 0,70

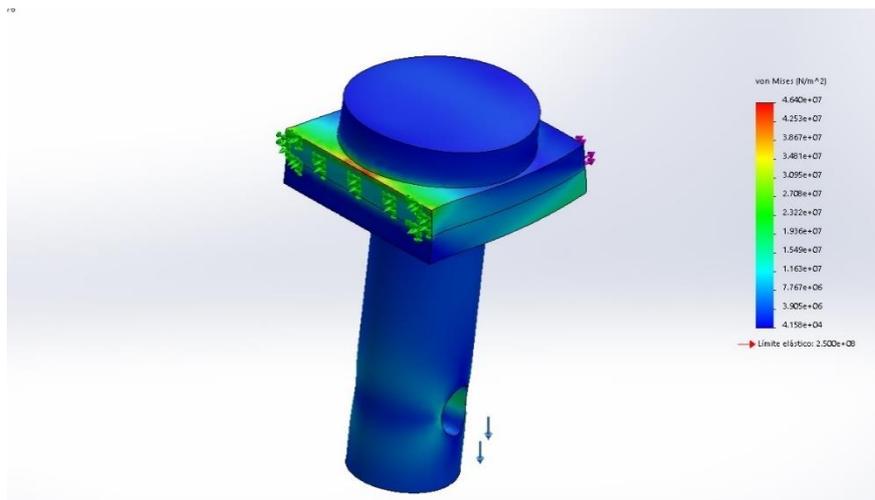


Figura 34 Análisis de tensión de Von Mises pasador que une un brazo de acople y un remolque

6.10. Diseño y análisis placas soporte eje llantas remolque sujetas al chasis.

Existen unas placas metálicas donde van a ir asentadas los ejes de las llantas del remolque, estas placas estarán sujetas a fuerzas de compresión y tracción las cuales en el siguiente análisis se hace referencia

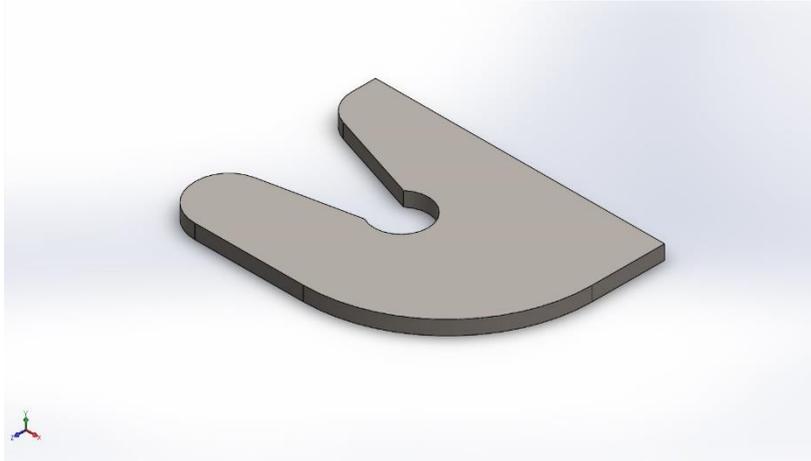


Figura 35 Diseño de placa para soporte de eje de llantas de remolque

Se aplica una fuerza de 686 N correspondiente a la distribución del peso y la carga viva en las dos ruedas

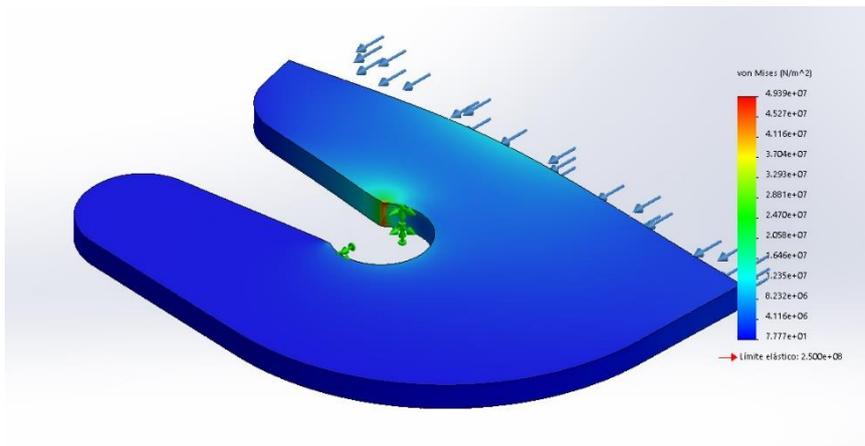


Figura 36 Análisis de tensión de Von Mises placa soporte de eje remolque

De igual manera se analiza la deformación unitaria equivalente

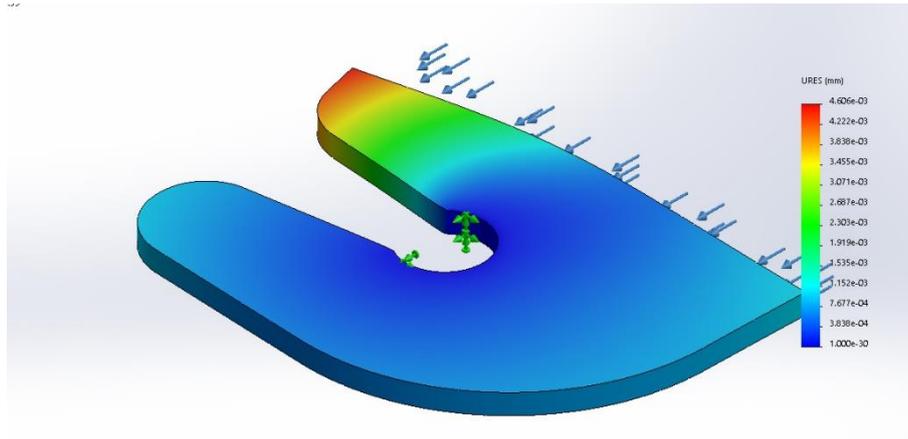


Figura 37 Análisis de deformación unitaria equivalente

En la cual se puede evidenciar una deformación mínima de $5.709e-10$ y una máxima de $1.877e-04$, lo cual significa que es mínima y esta dentro del rango de tolerancia

6.11. Diseño de carcasa

Para que el chasis de remolque pueda tener un soporte o cerco alrededor de la estructura se plantea poner una plancha de acero en el contorno de la estructura como se evidencia en la figura 38 y con ello también brindar protección a los neumáticos como una especie de cubre llantas, evitando que cualquier carga se pueda atascar, enredar en las llantas. De igual manera brinda una protección al usuario.

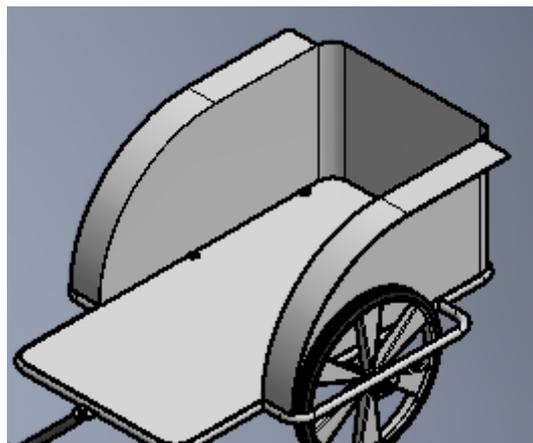


Figura 38 Plancha contorno chasis y cubre llantas

7. Proceso de construcción prototipo

Una vez ya realizado los cálculos de cada una de las piezas se procede a realizar el plano de conjunto listando cada uno de los elementos como se muestra a continuación.

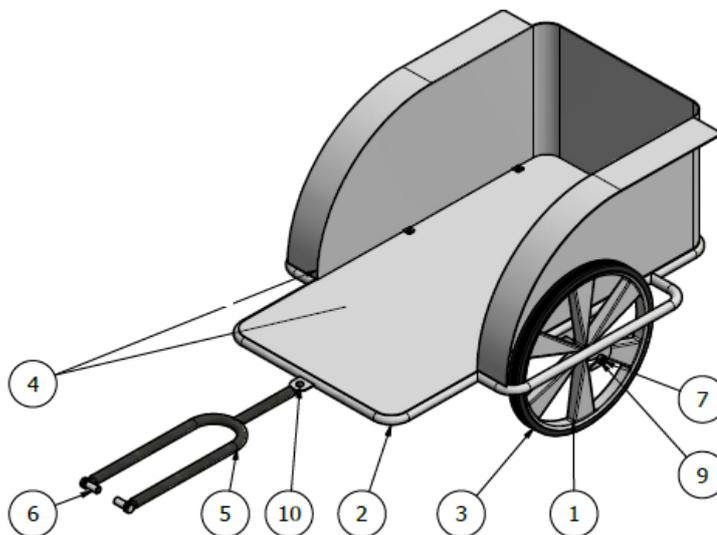


Figura 39 Plano conjunto

Tabla 8. Lista de piezas remolque

LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	2	Aro	Aro diametro 18 pulg. capacidad 100kg
2	1	Chasis	5,85 m de tubería estructural 1 pulg. e= 2
3	2	Neumatico	Neumatico de 18 pulg, capacidad 100gk
4	1	Tool	1.6 m2 de tool acero A36 grado 50, e= 2 mm
5	1	Brazo de union	1,2 m de tuberia 1 pulg. e= 2
6	2	Perno de anclaje	Acero A36, grado 50
7	2	DIN 835 - M14 x 140	Perno de doble final
8	2	IFI 542 - 14	Arandela circular
9	4	AS 1112 - M14 Tipo 10	Tuercas hexagonales ISO métricas
10	1	ISO 8746 - 12 x 16 - A	Clavos acanalados con cabeza redondo

Como primer paso se procede a tomar las medidas de cada uno de los segmentos que conformara la estructura del chasis después a cortarlos con la amoladora y disco de corte ver figura 40



Figura 40 Corte tubo de 1 pulgada y espesor de 2mm con ingleteadora

Al existir partes que son curvas se procede a realizar el proceso de doblado del tubo para adoptar una forma perpendicular (90°) con respecto a la parte mas larga de la estructura.



Figura 41 Doblado de tubo



Figura 42 Doblado perpendicular de tubo

Ya obtenido los segmentos de cada uno del chasis se juntan las partes para procederlas a soldar con Proceso FCAW y alambre tubular de alta presión.



Figura 43 Segmentos tubulares del chasis para ser soldados



Figura 44 Chasis Soldado por medio de soldadura FCAW

Junto con el chasis van las platinas que sostiene el eje de las ruedas del remolque las cuales son por medio de un perno M14. Estas platinas están hechas sobre Acero ASTM A36 de espesor de 4mm. El proceso de dar forma a las platinas se da por medio de taladrado y amoladora eléctrica con disco de corte.



Figura 45 Corte Platina para soporte de eje de llantas traseras del remolque



Figura 46 Platinas de soporte eje trasero remolque soldadas al chasis

El proceso de doblado de tubos también se realiza en la junta universal para obtener la U que ira directamente al eje trasero de la bicicleta.



Figura 47 Doblado de tubo para obtención de la U de la Junta Universal

El proceso para obtener la carcasa que va alrededor del contorno del chasis se obtiene mediante el doblado en frío, debido al radio muy pequeño de curvatura para el doblado se realizaron dobleces lineales por medio de una dobladora hidráulica. Se dividió en dos piezas para luego ser soldadas por la mitad

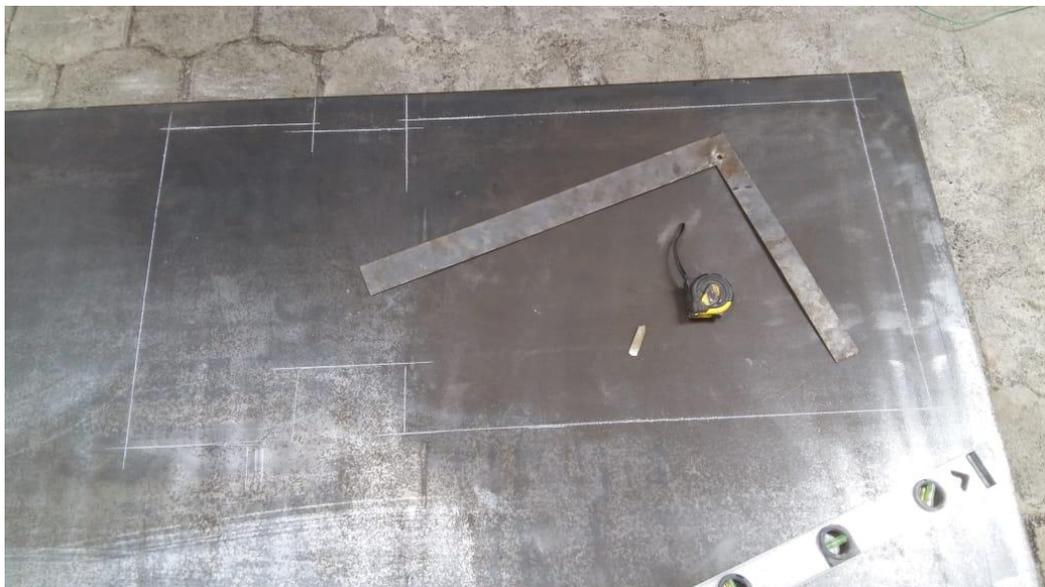


Figura 48 Diseño de la carcasa en plancha de Acero ASTM 36 espesor 2mm



Figura 49 Doblado lineal de plancha acero ASTM A36 espesor 2 mm



Figura 50 Resultado final doblado de plancha metálica para carcasa

Junto a esta carcasa ira una especie de cubre llantas el será soldado y barolado.



Figura 51 Barolado de Cubre llantas

El resultado final de la carcasa ya montada al chasis será el siguiente, tomando en cuenta que se debe realizar un trabajo de quitar aristas vivas en el remolque y un doblado de las aletas como se muestra a continuación



Figura 52 Doblado de Aletas laterales que cubren la llanta



Figura 53 Carcasa montada en el chasis

Una vez que se realizó el ensamble total de las 3 partes que conforman el remolque se procede a realizar el trabajo de pintura, el consta de tres fases. La primera, es realizar una limpieza total de la estructura con líquido desengrasante para que la pintura se pueda adherir. La segunda etapa es implementar una pintura de fondo, la cual al ser anticorrosiva evita el daño por corrosión de la misma. La última fase es la aplicación de una de pintura de acabado para dar un buen aspecto al remolque.

La aplicación de la pintura sigue los estándares de calidad de la unión europea para juguetes EN-14766, la cual establece límites de toxicidad y de inflamabilidad.



Figura 54 Prototipo Remolque terminado

8. Conclusiones y recomendaciones

Una vez establecidos el diseño y medidas del remolque se pudo constatar por medio de simulaciones en SolidWorks que tanto el material seleccionado como las medidas son las correctas.

Para este proyecto se utilizó dos tipos de Acero dependiendo del uso que se le dio en el proyecto. Como primera opción a las partes que requerían ser dobladas, soldadas y que requerían una gran resistencia a la tracción se utilizó un acero ASTM A36 como es el caso de la estructura del chasis , la junta universal ,el brazo de acople y la plancha de que recubre el contorno del remolque

Un acero más suave se usó para partes que no eran de estructura, sino que sirven para realizar el montaje de ciertas partes como lo es las arandelas, espárragos y tuercas M14.

Se eligió un diseño de remolque de dos ruedas que pueda soportar hasta 200 kg de peso.

La junta universal a la cual se la denominó a la unión del remolque con la bicicleta fue lograda después de haber visto varias juntas que iban al eje trasero de la bicicleta, la

cual aportaba estabilidad y menor complejidad al momento de montar y desmontar de una bicicleta a otra.

El diseño directo al eje trasero corrobora un centro de gravedad bajo y de menos componentes en vez de que hubiera sido una junta universal al tubo del asiento de la bicicleta.

De acuerdo con las simulaciones del conjunto de las piezas del remolque se puede evidenciar los siguiente:

- Tiene un centro de gravedad bajo, el cual permite una mejor estabilidad al momento de ser remolcado.
- La deformación máxima que va a sufrir el remolque va a ser de 2.28 mm en la parte frontal del chasis.
- Con un factor de seguridad cercano a 1 no va a tener problemas al momento de ser cargado o remolcado.
- El peso máximo de toda la estructura va a ser aproximadamente de 22.87 kilos, lo cual significa un esfuerzo bajo para el ciclista.
- Al ser de un bajo peso se puede transportar fácilmente lo cual lo hace bastante versátil.

Por otro lado, al momento de revisar las especificaciones de acuerdo con la norma Europea CEE artículo 1 en la sección de propiedades físicas y mecánicas para juguetes, se puede determinar que no existe riesgo alguno para la salud de que una pieza del remolque falle por su resistencia mecánica sujeta a tensiones o deformaciones de los mismos.

En el literal b de la misma sección menciona los bordes filosos que pueden causar heridas. Si bien es cierto el remolque consta con varias aristas que pueden causar daño, pero se las mitigo redondeando los bordes y haciendo un esmerilado, este riesgo se puede evidenciar en los filos del tool que compone parte de la carcasa, así como su solución.

Por otro lado, al momento de la construcción del prototipo se tuvo una serie de inconvenientes que fueron apareciendo conforme se avanzaba. Uno de los principales problemas fue el doblado de la plancha metálica que conforma la carcasa o el cerco del remolque, debido a los radios de curvaturas muy pequeños no se pudo realizar un barolado correcto, por lo cual se hizo un doblado lineal hasta conseguir la forma adecuada.

La plancha de acero ASTM A36 al ser de 2mm de espesor tiene la tendencia a pandearse lo cual dificultó tenerlo en una posición de 90 grados con respecto a la horizontal. Una de las primeras soluciones fue aumentar el espesor de la plancha, pero al realizar este cambio el aumento de la estructura era muy alta y se oponía al principio del diseño que buscaba tener muy poco peso.

El tipo de soldadura que se realizó tipo FCAW tiene mucho que ver con la resistencia que esta brinda a las uniones y siendo de un mejor acabado.

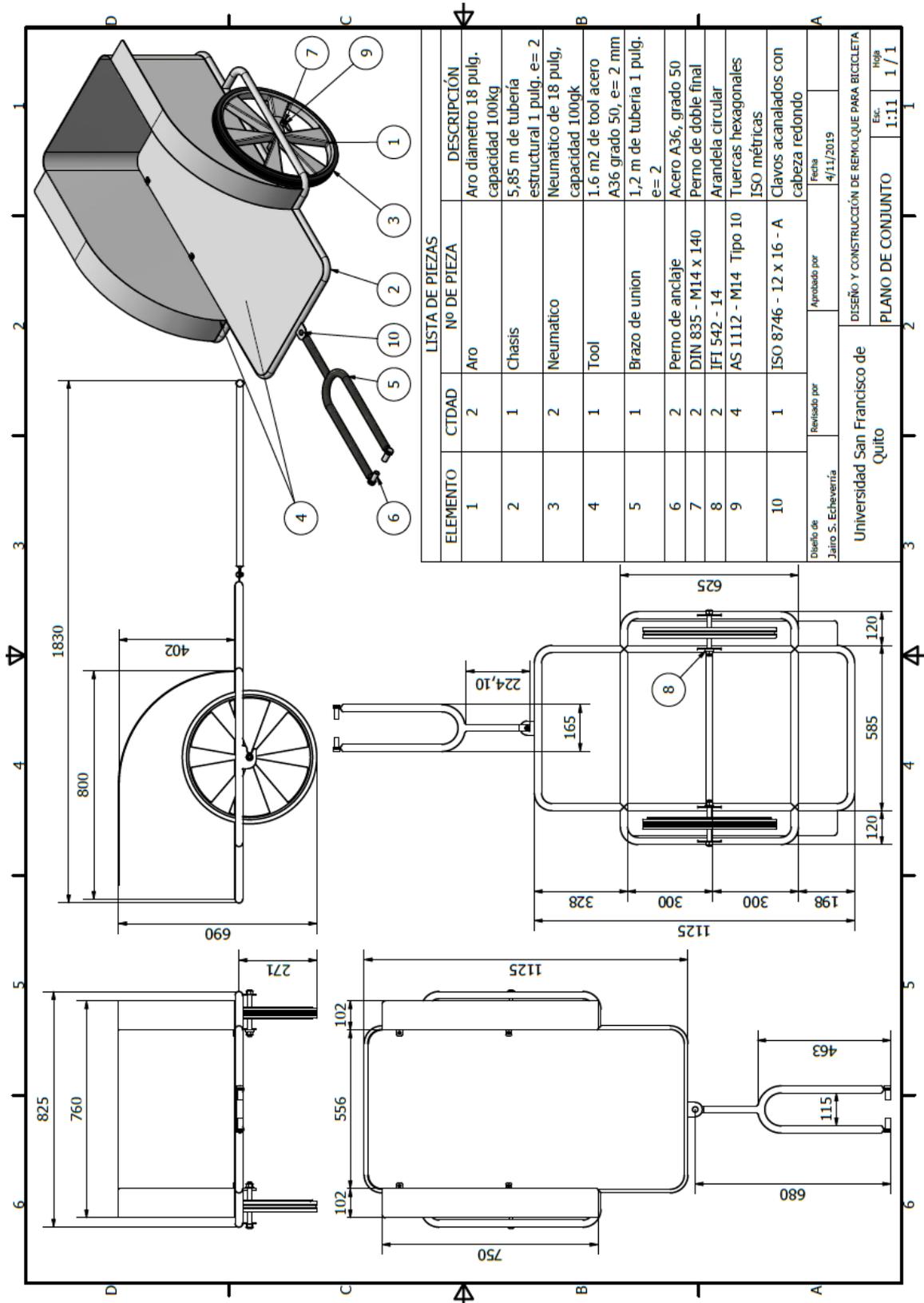
9. Referencias bibliográficas

- Asociación española de normalización y certificación AENOR, (2005), Normativa europea UNE EN 14766, requisitos de seguridad y normativa de ensayos.
- American Society Of Mechanical Engineers. ASME : Normas ASME seccion IX, procesos de soldadura.. New York, 2004
- Beer, F., Johnston, E. R., DoWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2013). *Mecánica de Materiales*. México DF: Mc Graw Hill Education.
- Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2012). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley 9a*. México: McGraw Hill.
- Construye tu propio remolque para bicicletas (2008), recuperado el 18 de septiembre de 2019 de <https://www.nopuedocreer.com/6847/construye-tu-propio-remolque-para-bicicletas/>
- De Roover, W. (2004). *Guía Técnica de aceros inoxidable*. Bruselas: Euro INOX
- Fernandez, C. (2013). *Remolque para bicicletas en laminado de madera* (Ingeniería). Universidad Catolica de Valparaiso.
- F. P. Incropera y D. P. De Witt: *Fundamentos de Transferencia de Calor*, 4a Ed, Pearson Education, Mexico, 2000
- Groover, M. (2007). *Fundamentals of modern manufacturing* (3rd ed.). Hoboken: J. Wiley & Sons.
- Hibbeler, R.C. (2009) “*Mecánica de Materiales*”, Prentice Hall. 6ta Edición, México.
- López Terán, J., & Morillo, M. (2009). *Diseño y Construcción de un remolque con capacidad para dos motocicletas* (Ingeniería). Escuela Politécnica Nacional.
- Moore, L. (2011). Usos comerciales para el acero inoxidable 301, 304 y 316. Acero inoxidable tipo 304
- Otero, A. (2018). *Diseño de un remolque de carga para países en vías de desarrollo* (Ingeniería). Escuela Tecnica Superior de Ingenieria ICAI.
- SolidWorks. (2008). *Understanding Motion Simulation*, 16.
- “SOLIDWORKS, plataforma online de solidworks.” Recuperado el 10 de septiembre de

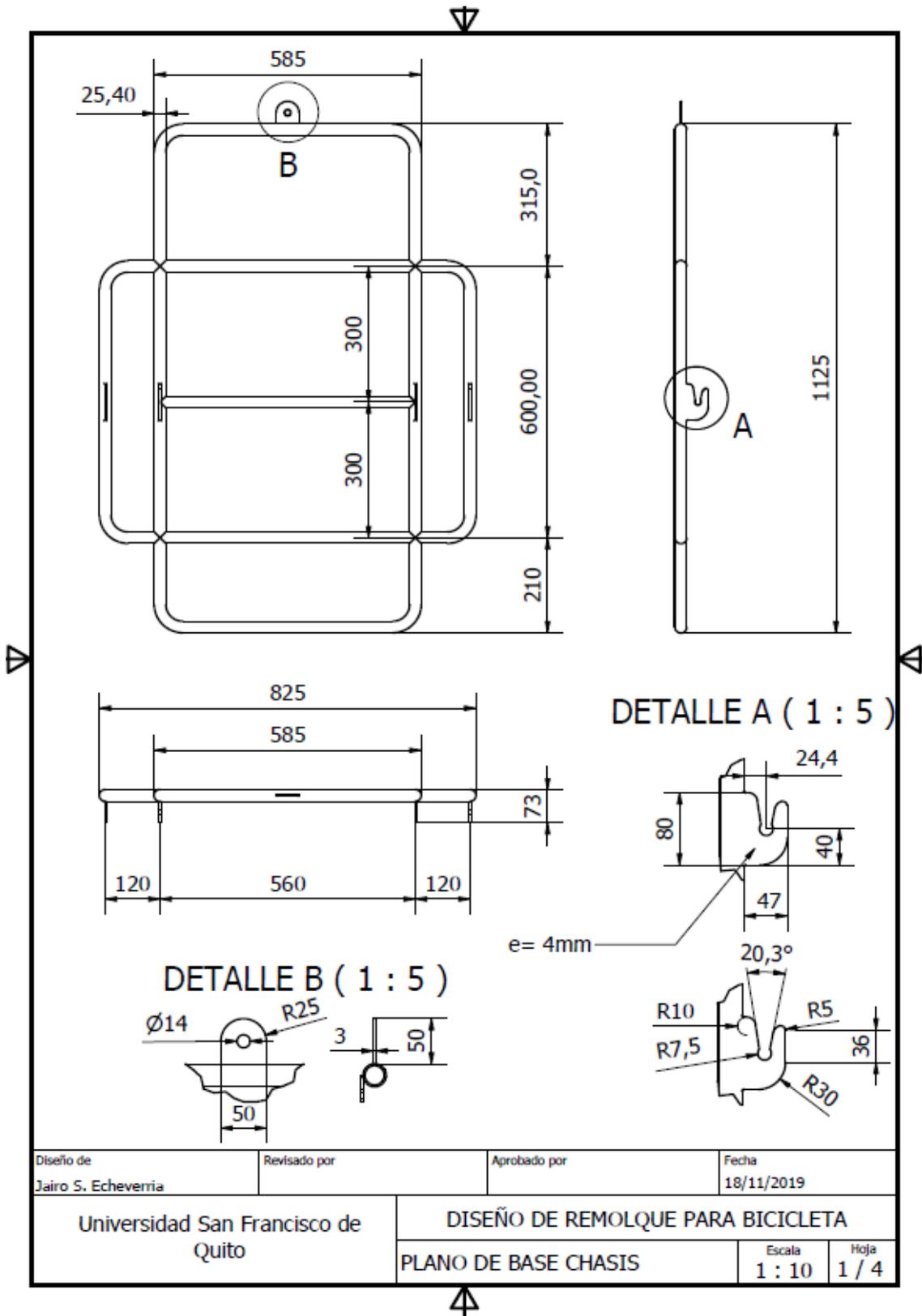
2019 desde <https://http://www.solidworks.es/sw/community.htm>

10. Anexos

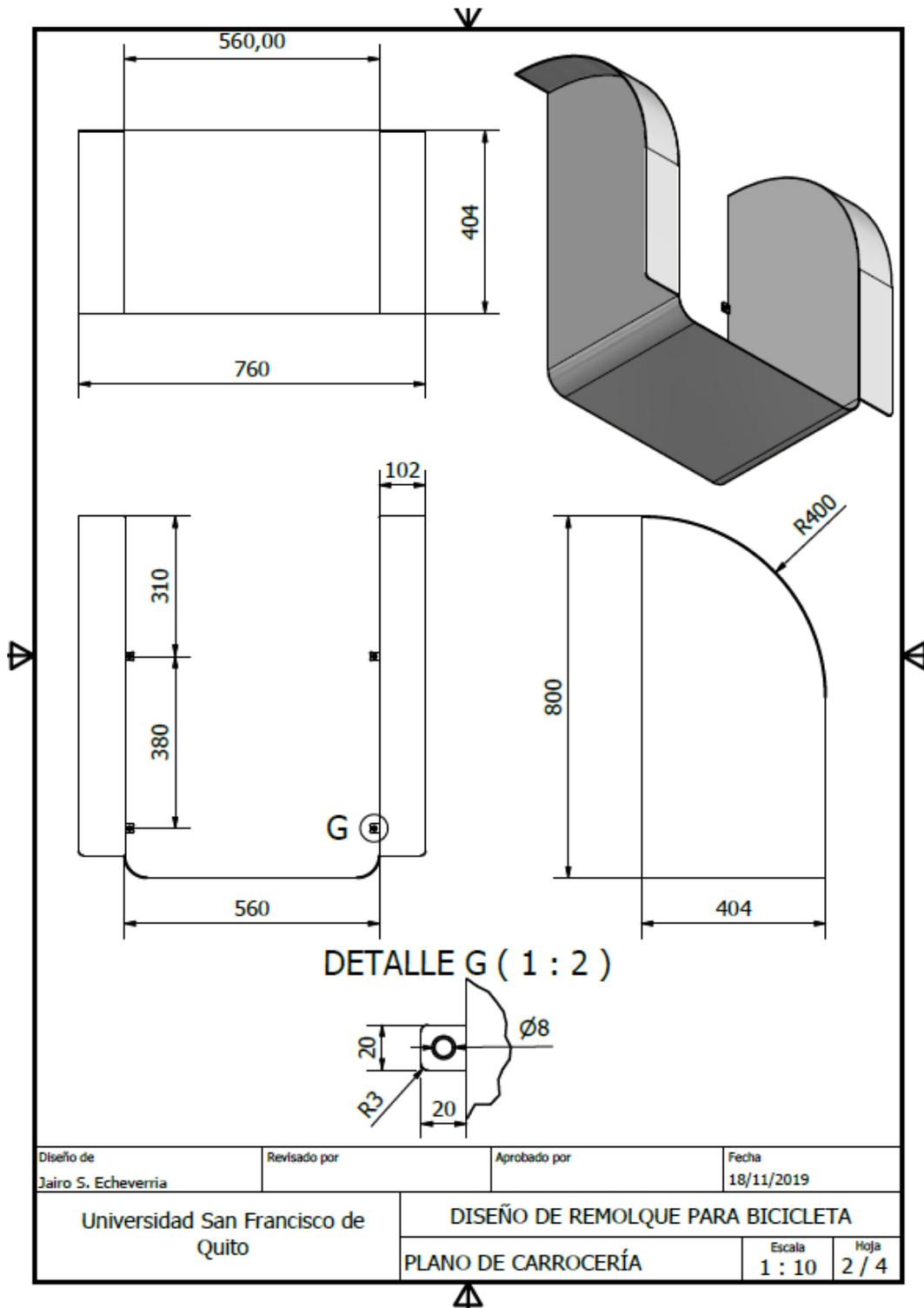
Anexo A: Plano de construcción y materiales.



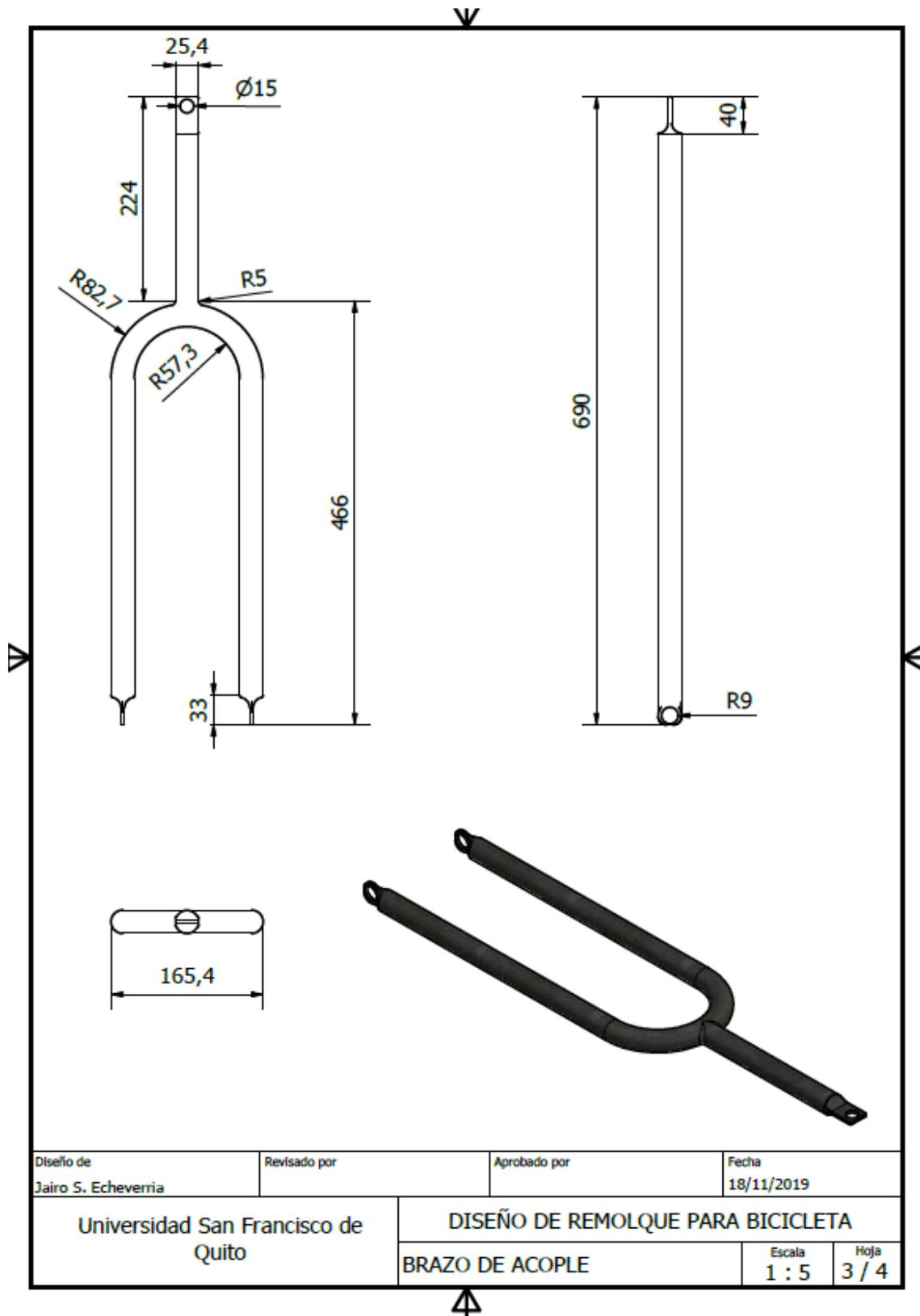
Anexo B: Plano de construcción de base chasis.



Anexo C: Plano de construcción de carrocería.



Anexo D: Plano de construcción brazo de acople



Anexo E: Plano de construcción varias partes.

