



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**“Diseño de un Remolque con Capacidad de 5 Toneladas de Carga
para Traslado de Maquinaria Industrial en la Empresa Metaller
SAC-2021”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

FLORES ANTICONA LISBETH IVAN (ORCID: 0000-0001-7996-1741)

ASESOR:

Mg. JULCA VERASTEGUI LUIS ALBERTO (ORCID: 0000-0001-5158-2686)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, a mi familia por su apoyo incondicional, e inculcarme buenos valores y educación. Gracias a ellos por brindarme soporte para cumplir mis metas.

A mis docentes por enseñarme sus sabios conocimientos en todo lo largo de mi vida de estudiante.

AGRADECIMIENTOS

A mi familia por ser mi soporte incondicional en todas las etapas de mi vida.

A la Universidad Cesar Vallejo y a la Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, gracias a sus excelentes docentes quienes aportaron con mi formación académica.

ÍNDICE GENERAL

1 Contenido

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
I. INTRODUCCIÓN	15
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	16
II. MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. Remolque	19
2.2. Maquinaria industrial.....	19
2.3. Capacidad de remolque de vehículos motorizados.	20
2.4. Material para la estructura principal.....	20
2.5. Ingeniería del diseño	22
2.7. Cargas en el remolque.....	26
III. METODOLOGÍA.....	41
3.1. Tipo y Diseño de investigación	41
3.2. Variables y operacionalización de variables.....	43
3.2.1. Variables.....	44
Parámetros de Definición de Problema:	44
Variables de Diseño:.....	44
Variables de Solución:	44
Variables intervinientes.....	44
3.2.2. Operacionalización de variables.....	44
3.3. Población y muestra.....	47
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	47
3.5. Métodos de análisis de datos.....	47
IV. RESULTADOS	48
4.1. Ingeniería del diseño	48
4.1.1. Requisitos del Cliente	48
4.2. Características de Ingeniería	62
a) Parámetros según normas locales	63

4.3.	Cálculos matemáticos	64
4.3.1.	Cargas de diseño	64
4.3.1.6.	Cálculo de carga soportada por el tiro y la posición del eje.....	70
V.	DISCUSIÓN.....	97
VI.	CONCLUSIONES	98
VII.	RECOMENDACIONES	100
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	101
IX.	ANEXOS	102
	ANEXO I	103
	Requisitos para remolques según reglamento del MTC	103
	(Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC).....	103
	ANEXO II	107
	Análisis estático del chasis del Remolque	107
	Análisis del Factor de seguridad global del chasis del Remolque	107
	Análisis de desplazamientos del chasis del Remolque.....	108
	Análisis de Tensión de Von Mises	109
	ANEXO III	110
	Análisis de la base de suspensión	110
	Análisis de Tensión de von Mises.....	110
	Análisis de desplazamientos	111
	Análisis del Factor de Seguridad	112
	ANEXO IV	113
	Análisis estático del pasador de brazo de la suspensión	113
	Análisis del Factor de Seguridad	113
	Análisis de Tensión de von Mises.....	114
	Análisis de desplazamientos	115
	ANEXO IV	116
	Análisis estático del pasador de la suspensión	116
	Análisis del Factor de Seguridad	116
	Análisis de desplazamientos	117
	Esfuerzos y momentos en el pasador	118
	ANEXO IV	119
	Ficha técnica de Freno de Inercia o Enganche de Inercia de la marca ALKO (Catalogo Especial Guía Técnica para el carroceros)	119

ANEXO V	120
Ficha técnica de Fuelle Neumático de la marca CONTINENTAL.....	120
ANEXO VI	121
Ficha técnica de Neumático de la marca LIMA CAUCHO SA	121
ANEXO VII	122
A) Esquema de Instalación de Suspensión Neumática Operada Manualmente	122
AIRLIFT PERFORMANCE (Kit 27666)	122
ANEXO VIII	124
Compresor seleccionado	124
A) Ficha Técnica VIAIR 485 C-Gen 2	124
C) Esquema Eléctrico de Instalación de Compresor de Aire	126
ANEXO IX	127
Eje con Freno seleccionado.....	127
A) Ficha Técnica LAHOO.....	127
ANEXO X	129
Tanque de almacenamiento de aire seleccionado.....	129
Ficha Técnica PE 126.247-80A.....	129
ANEXO XI	130
Batería seleccionada	130
Ficha Técnica BOSCH 42MP S4	130
ANEXO XII	131
Propiedades del Acero ASTM A36/A572.....	131
Ficha Técnica TUBISA SAC	131
ANEXO XIII	132
Propiedades del material de aporte SOLDAMIG ER70S-6.....	132
Ficha Técnica SOLDEXA	132
ANEXO XIV	133
Factores de Seguridad Valores mínimos recomendados	133
Diseño de Elementos de Maquinas, Faires 1995	133
ANEXO XV	134
Geometría y Dimensiones del remolque	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Maquinarias usadas en industrias según peso y dimensiones	19
Tabla 2. Capacidad de remolques según marcas	20
Tabla 3: Propiedades del acero estructural ASTM - A36.....	21
Tabla 4: Matriz de evaluación de concepto	24
Tabla N° 5: Tamaños mínimos de soldadura en filetes	35
Fuente: (Norton, 2011)	35
Tabla N° 6: Pesos ponderados según Criterios de selección.....	51
Fuente: Elaboración propia	51
Tabla N° 7: Puntaje ponderados	52
Fuente: Elaboración propia	52
Tabla N° 8: Matriz de evaluación de conceptos	60
Fuente: Elaboración propia	60
Tabla N°. 9: Resumen de cargas muertas.....	69
Tabla N° 10: Características de ejes con freno de disco.....	85
Fuente: LAHOO AUTO PARTS	85
Tabla N° 11: Características de Frenos de Inercia	86
Tabla N°12: Características de Neumáticos	88
Fuente: Catalogo LIMA CAUCHO SA.....	88
Tabla N° 13: Características de compresores de aire de 12V	90
Fuente: VIAIR Compresores modelo "C"	90
Tabla N°14: Características de Tanques de almacenamiento de aire.....	91
Fuente: PE AUTOMOTIVE Tanques para aire comprimido	91
Tabla N°15: Características de baterías.....	92
Fuente: Catalogo BOSCH baterías selladas	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes principales de un remolque	19
Fuente: Elaboración propia	19
Figura 3: Esquema básico de cargas en un remolque	26
Fuente: Elaboración Propia	26
Figura 4: Distancia mínima entre el vehículo remolcador y el remolque	27
Fuente: (Mechanical Elements, 2019).....	27
Figura 5: Esquema básico de cargas en un remolque	30
Fuente: Elaboración Propia	30
Figura 6: Esfuerzo cortante	31
Fuente: (Hibbeler, 2011)	31
Figura 7: Dimensiones de garganta en juntas soldadas.....	33
Fuente: (Norton, 2011)	33
Figura 8: Pernos sometidos a cortante simple.....	37
Fuente: (Budynas, 2012)	37
Figura 9: Pernos sometidos a cortante doble	37
Fuente: (Pacheco Alarcón, 2019)	37
Figura 10: Efecto de aplastamiento producido por pernos	38
Fuente: (Pacheco Alarcón, 2019)	38
Figura 11: Torque en pernos	38
Fuente: IMCP	38
Figura 12: Metodología de diseño – Diagrama de flujo.....	42
Fuente: Elaboración propia	42
Figura 13: Diagrama de caja negra.....	¡Error! Marcador no definido.
Fuente: Elaboración propia	¡Error! Marcador no definido.
Figura 14: Concepto de solución N°1	54

Fuente: Elaboración propia	54
Figura 15: Concepto de solución N°2	55
Fuente: Elaboración propia	55
Figura 16: Concepto de solución N°3	56
Fuente: Elaboración propia	56
Figura 17: Concepto de solución N°4	57
Fuente: Elaboración propia	57
Figura 18: Concepto de solución N°5	58
Fuente: Elaboración propia	58
Figura 19: Dimensiones de fuelle neumático FD200-19CI	89
Fuente: Catalogo CONTINENTAL	89
Figura 20: curvas características de fuelle neumático FD200-19CI	89
Fuente: Catalogo CONTINENTAL	89

RESUMEN

La presente investigación trata el diseño de un remolque con capacidad de carga de 5 Toneladas para la empresa METALLER SAC. Con la finalidad de que la empresa cuente con un diseño propio e innovador en su catálogo de remolques además de contar con un remolque de dicha capacidad para el servicio de alquiler del mismo.

Los principales problemas que tiene la empresa es que muchas veces subcontrata empresas para el transporte de cargas mayores a 3 toneladas, lo que le genera un gasto extra de 14400 soles anuales.

Basado en los requerimientos de la empresa e investigaciones previas se logró determinar diseño que cumple con dichos requerimientos, tal es así: el material para el chasis un ASTM A36 el cual otorga un factor de seguridad de 1.9 con un perfil en "U" 6"x2"x8mm, así mismo las dimensiones. Además, se diseñó los mecanismos de suspensión, base de suspensión otorgando un factor de seguridad de 5.6, el pasador de la suspensión que obtiene un factor de seguridad de 3.8 con un diámetro de 20mm. Asimismo se realizó la selección de componentes disponibles en el mercado local como: lanza o tiro de accionamiento de frenos, ejes con freno, fuelles neumáticos, neumáticos.

Al finalizar la investigación se estimó el ROI, donde la empresa recupera en 15 meses la inversión que implicaría la fabricación del remolque cuyo monto es de 17917 soles.

Palabras clave: Maquinaria Industrial, remolque

ABSTRACT

The present investigation deals with the design of a trailer with a load capacity of 5 Tons for the company METALLER SAC. In order for the company to have its own and innovative design in its catalog of trailers in addition to having a trailer of that capacity for the rental service.

The main problems that the company has is that it often subcontracts companies to transport loads greater than 3 tons, which generates an extra expense of 14400.00 soles per year.

Based on the requirements of the company and previous research, it was possible to determine a design that meets these requirements, as is the case: the material for the chassis is ASTM A36 which provides a safety factor of 1.9 with a "U" 6 "profile. x2 "x8mm, also the dimensions. In addition, the suspension mechanisms were designed, the suspension base giving a safety factor of 5.6, the suspension pin obtaining a safety factor of 3.8 with a diameter of 20mm. Likewise, a selection was made of components available in the local market such as: brake actuation lance or pull, braked axles, pneumatic bellows, pneumatic.

At the end of the investigation, the ROI was estimated, where the company recovers in 15 months the investment that would imply the manufacture of the trailer whose amount is 17917.00 soles.

Keywords: Industrial Machinery, trailer

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la industria en la actualidad se ha incrementado considerablemente, y con ellas el uso de maquinarias industriales las cuales por su peso y/o maniobrabilidad son difíciles de transportar en la zona urbana y rural. Muchos empresarios optan por contratar el servicio de traslado de maquinaria o encargan la fabricación de un remolque para el traslado de las mismas.

La empresa Metaller SAC ubicada en la ciudad de Trujillo es una empresa dedicada al rubro de Metal mecánica además brinda el servicio de fabricación y alquiler de remolques livianos.



Figura 1: Remolques fabricados por la empresa

En ocasiones la empresa se ve en la obligación de subcontratar a empresas de transporte pesado con la finalidad de transportar cargas mayores a 3 toneladas lo que implica un gasto anual de 14400 soles anuales, además muchos diseños de los remolques son tomados de internet, por ello la empresa Metaller SAC

busca incorporar una línea de remolques de diseño propio e innovador. Es por ello que en el presente trabajo de investigación se propone el diseño de un remolque que pueda transportar una gran diversidad de maquinarias industriales como: mini cargadores, grupos electrógenos, trituradoras, cizallas hidráulicas, etc. Cuyo peso no supere las 5 toneladas.

En la presente investigación se estudiará la solución al siguiente problema: ¿Cuál será la geometría de un Remolque con capacidad de 5 toneladas de carga para el traslado de maquinaria industrial en la empresa Metaller SAC_2021?, de tal modo que esta investigación no solo dará solución al problema si no que facilitara el diseño de futuros remolques utilizando herramientas de diseño CAE Y CAD, además ayudara al inicio de futuras investigaciones de la utilización de componentes mecánicos, como los fuelles neumáticos, en remolques de bajo tonelaje de carga.

Así mismo el uso de software de diseño facilita los procesos de fabricación en la medida que se reducen errores en los procesos como; el de habilitado y soldado de piezas, mediante la ingeniería de detalle con los planos correspondientes.

Además, para la empresa al disponer de un diseño propio e innovador para el traslado de cargas superiores a las 3 toneladas, ya no se verá en la necesidad de subcontratar a terceros, lo que se traduce en un ahorro anual en sus gastos extra. De tal manera que al reducir la subcontratación de vehículos motorizados se genera un impacto positivo al medio ambiente con la disminución de gases nocivos para el ambiente.

La presente investigación tiene como fin los siguientes objetivos:

Objetivo general

Determinar la configuración técnica de un remolque para el traslado de maquinaria industrial en la empresa METALLER SAC.

Objetivos específicos

1. Identificar los requerimientos de la empresa.

2. Evaluar las alternativas de diseño usando una matriz morfológica de las propuestas.
3. Seleccionar la mejor alternativa como solución al problema de diseño.
4. Realizar la ingeniería de detalle de la propuesta seleccionada usando un modelo CAD.
5. Analizar y simular bajo carga estática la resistencia mecánica de los componentes del diseño mediante software SOLIDWORK SIMULATION.
6. Evaluar económicamente el diseño seleccionado.

II. MARCO TEÓRICO

Con fin de sustentar la presente investigación se tomó como antecedentes a diversos trabajos previos relacionados con el estudio, sin embargo, se presentan algunas limitaciones ya que no hay estudios a profundidad relacionados a nuevos diseños de remolques de categoría O3.

Para ubicar la posición del eje o los ejes de un remolque, se considera entre el 55% y 60% de la longitud del área de carga (Gonzales Lechuga, 2008).

En la acción de frenado, el eje que sufre más la distribución de la carga debido a la inercia será el eje delantero. Puesto que el eje posterior de este, será el que el que soportará la mayor carga. (Godoy Martos, 2016)

El perfil para travesaños más resistente a cargas dinámicas y por ende a fallas por fatiga es el perfil H318x167x7.67mm (Ugaz Uriarte, 2010)

El perfil para el chasis de remolque liviano de 2 toneladas de capacidad , el perfil en "U" 4"x2"x3mm otorgas un factor de seguridad de 1.1 (Jimenez, 2016)

A continuación, se presentan las teorías relacionadas al tema de investigación:

2.1. Remolque

Es un vehículo sin motor utilizado para el traslado de cargas, el cual es remolcado por un vehículo motorizado.

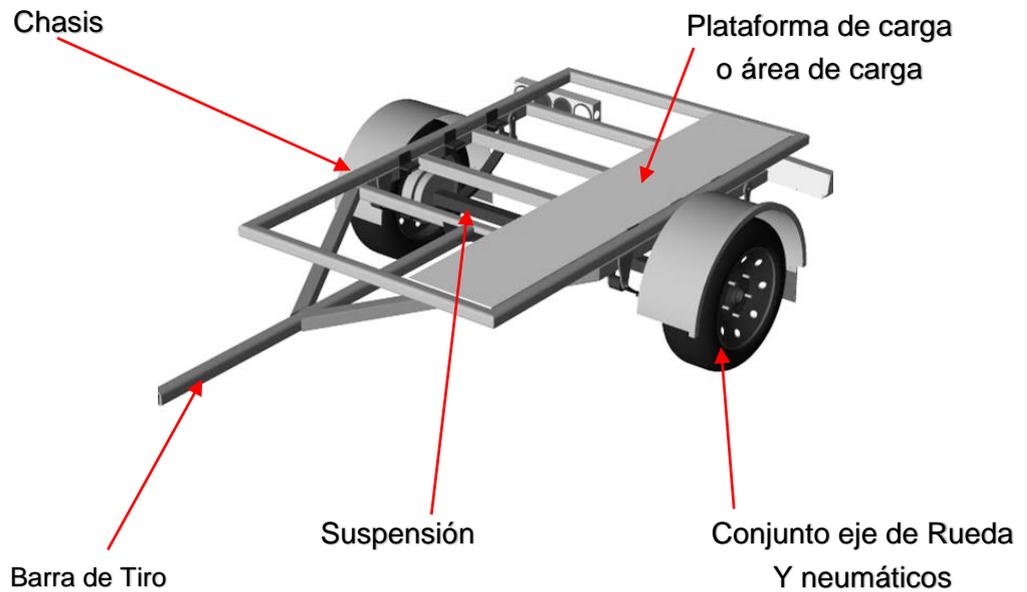


Figura 2: Partes principales de un remolque

Fuente: Elaboración propia

2.2. Maquinaria industrial.

Son conjuntos de elementos sincronizados que aprovechan y transforman energía. Hay una gran variedad de maquinaria usada en la industria, en la tabla siguiente se recopiló las dimensiones y los pesos promedio de la mayoría de maquinaria industrial que necesita ser transportada sobre un remolque.

Tabla 1. Maquinarias usadas en industrias según peso y dimensiones

Tipo de maquinaria	Peso promedio (Kg)	Dimensiones		
		Largo (m)	Ancho (m)	Alto (m)
Moto generadores/ grupos electrógenos	1000	4.5	2	2.2
Mini cargadores	3500	3.5	1.6	2

Montacargas	3800	3.5	1.2	2.1
Guillotinas hidráulicas	4500	3.5	1.2	1.8
Auto tipo sedan	1000	4.4	1.7	1.5

2.3. Capacidad de remolque de vehículos motorizados.

Se recopiló las marcas más usadas en nuestra localidad de vehículos motorizados tipo Pick up (camioneta), en la siguiente tabla se muestra la capacidad de remolque de estas.

Tabla 2. Capacidad de remolques según marcas

Marca	Modelo	Capacidad (Kg)
Toyota	Hilux	3500
	Tacoma	2902.99
Nissan	Np 300	1400
	Navara	3500
Mitsubishi	L 200	2300
Chevrolet	Colorado	3492.66
	Silverado 1500 4.3L v6	3447.3
	Silverado 1500 5.3L v8	5034.87
Ford	Ranger	3175.14
	F150	3175.14
	F250	5443.1
	F350	6803.88

2.4. Material para la estructura principal.

El material estructural más comercial en nuestro país es el ASTM A 36, a continuación, se muestra las propiedades mecánicas del material, las cuales son óptimas para la estructura del remolque.

Tabla 3: Propiedades del acero estructural ASTM - A36

Propiedades del Acero Estructural ASTM – A36				
Propiedades Mecánicas		Símbolo	Valor	Unidades
Densidad		ρ	7860	Kg/m ³
Resistencia última	Tensión	σ_B	400	MPa
Fluencia	Tensión	σ_F	250	MPa
	Cortante	τ_F	145	MPa
Módulo de Elasticidad		E	200	GPa
Módulo de Rigidez		G	77.2	GPa
Coeficiente de Expansión Térmica		α	11.7	10 ⁻⁶ /°C
Ductilidad (% 50mm)			21	%

2.5. Ingeniería del diseño

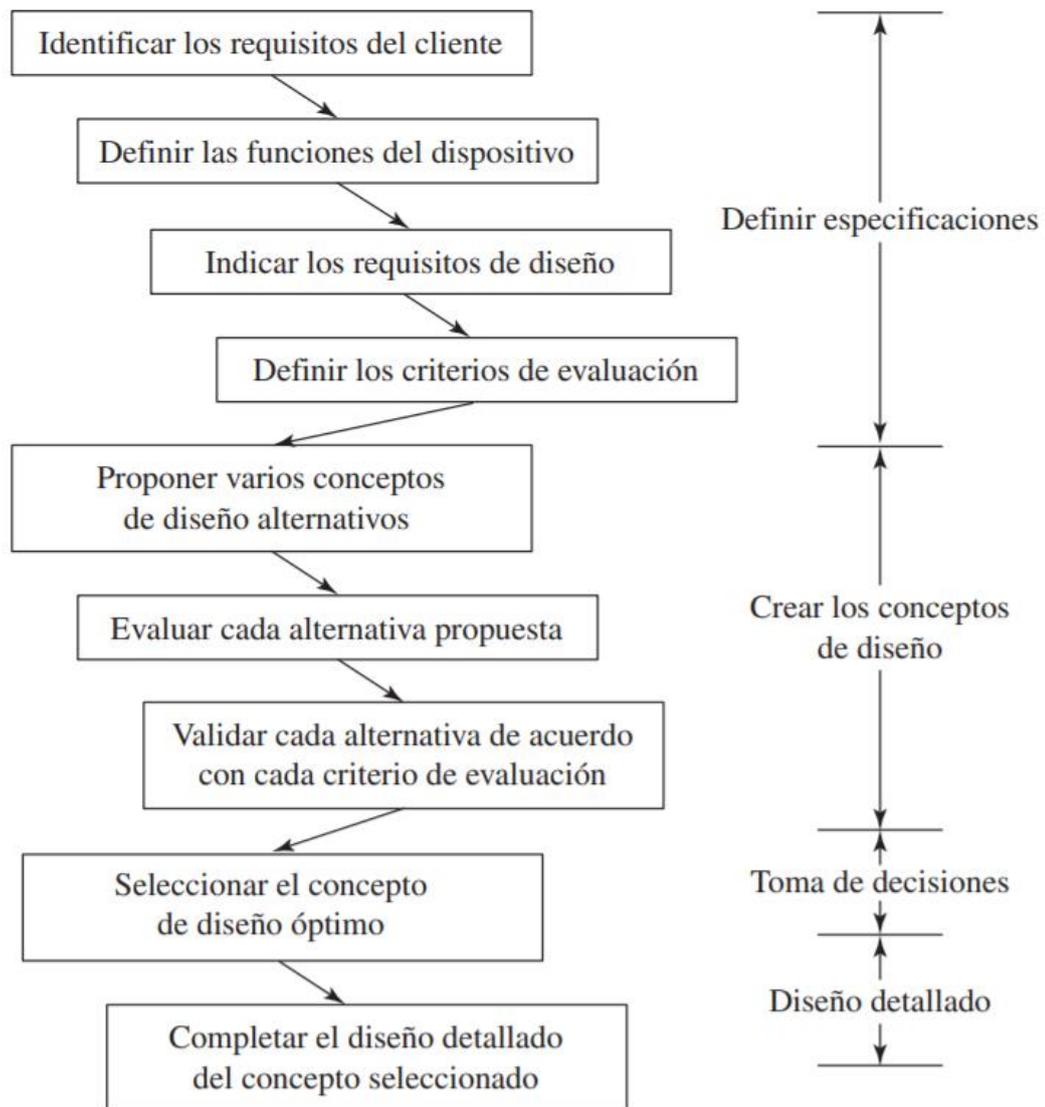


Figura 3: Pasos para el Proceso de Diseño

Fuente: (Mott, 2006)

2.5.1. Identificar los Requisitos del Cliente

En esta etapa, se anotan las exigencias del “cliente”, con el fin de definir las especificaciones del Diseño:

- **Definir las Funciones**

Se analizará y define las funciones de cada componente del diseño.

- **Indicar los Requisitos del Diseño**

Se anota las especificaciones de ingeniería, tales como, pesos, dimensiones, torques, fuerzas, etc.

- **Definir los Criterios de Evaluación**

Se define los criterios que facilitarían la generación de los conceptos de diseño, tales como:

- ✓ Facilidad de manufactura
- ✓ Bajo costo
- ✓ Facilidad de operación
- ✓ Apariencia atractiva
- ✓ Facilidad de servicio o cambio de componentes

2.5.2. Propuesta Conceptos de Diseños Alternativos

En esta etapa se crean varios conceptos de diseño, se hará uso de una matriz morfológica.

2.5.3. Selección del concepto de Diseño Óptimo

Usando la matriz de evaluación de los conceptos de diseño, con el fin de seleccionar un diseño que se desarrollara y detallara.

Tabla 4: Matriz de evaluación de concepto

		Concepto							
		A (Referencia)		DF		E		G	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada	Calificación	Evaluación ponderada
Facilidad de manejo	5%	3	0.15	3	0.15	4	0.2	4	0.2
Facilidad de uso	15%	3	0.45	4	0.6	4	0.6	3	0.45
Facilidad de lectura de ajustes de dosis	10%	2	0.2	3	0.3	5	0.5	5	0.5
Precisión en medición de dosis	25%	3	0.75	3	0.75	2	0.5	3	0.75
Durabilidad	15%	2	0.3	5	0.75	4	0.6	3	0.45
Facilidad de manufactura	20%	3	0.6	3	0.6	2	0.4	2	0.4
Portabilidad	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3	3	0.3
	Total puntos		2.75	3.45	3.10		3.05		
	Lugar		4	1	2		3		
¿Continuar?			No	Desarrollar		No		No	

Matriz de evaluación de conceptos. Este método utiliza una suma ponderada de las evaluaciones para determinar la evaluación de conceptos. El concepto A sirve como concepto general de referencia, los puntos de referencia separados para cada criterio de valores de evaluación están en negritas.

2.6. Cargas para el diseño de un remolque

2.6.1. Carga transportada (CT)

Es la carga máxima a transportar.

2.6.2. Carga muerta(CM)

Lo conforman los pesos propios de la estructura del remolque y los elementos (chasis, conjunto de rueda y neumático, suspensión, etc.) (Narvaez Zurita, 2015)

2.6.3. Carga viva (CV)

Es la suma de la carga transportada y la carga de seguridad, donde la carga de seguridad es el 10% de la carga transportada

$$CV = CT + CS [Kg] \quad (1)$$

$$CV = CT + 0.1(CT) [Kg] \quad (2)$$

(Narvaez Zurita, 2015)

2.6.4. Carga de impacto (CI)

Son producto de las irregularidades del camino, según "American Association of State Highway and Transportation Officials" (AASHTO), establece que es un máximo de 30% de la carga viva. (Narvaez Zurita, 2015)

$$CI = 0.3 * CV [Kg] \quad (3)$$

Si la suspensión es de tipo neumática, las cargas de impacto se reducen entre 15% y 20%. (Garnica Anguas, Mecanica de Materiales para pavimentos, 2002)

Por lo tanto:

$$CI = 0.3 - 0.2 * CV [Kg] = 0.1 * CV [Kg] \quad (4)$$

2.6.5. Carga viva total (CVT)

Es la carga total a ser transportada en el remolque.

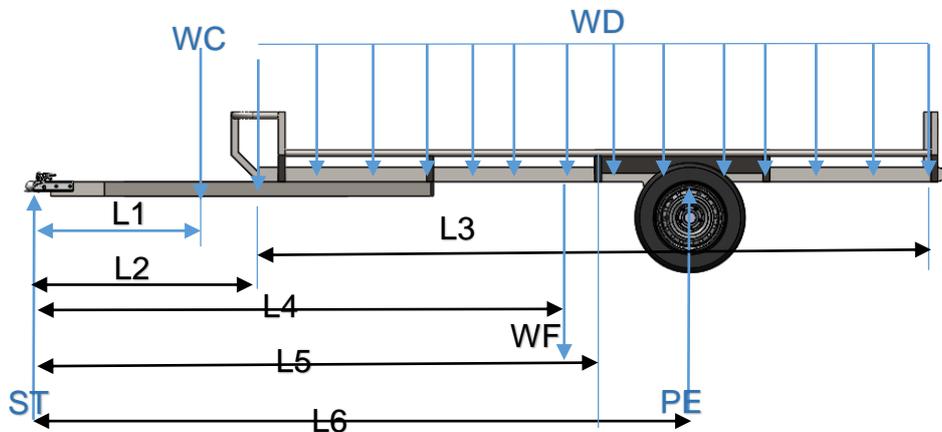
$$CVT = CI + CV [Kg] \quad (5)$$

DONDE:

$CI =$ carga de impacto [Kg]

$CV =$ carga viva [Kg]

2.7. Cargas en el remolque



DONDE:

$WD =$ Carga Distribuida (carga a transportar) [Kg]

$WC =$ Carga Extra (baterías, tanque de agua, etc) [Kg]

$ST =$ Carga soportada por el tiro [Kg]

$PE =$ Carga soportada por el eje o conjunto de ejes del remolque [Kg]

$WF =$ Peso total del remolque [Kg]

$L1 =$ longitud a una carga extra (baterías, tanque de agua, etc)[m]

$L2 =$ Longitud de tiro [m]

$L3 =$ Longitud de carga distribuida [m]

$L4 =$ Longitud hacia el centro de masa ed remolque [m]

$L5 =$ Longitud hacia el centro de la carga distribuida [m]

$L6 =$ Longitud hacia el eje [m]

Figura 4: Esquema básico de cargas en un remolque

Fuente: Elaboración Propia

2.7.1. Carga soportada por el Tiro (ST)

$$ST + PE = WF + WD$$

$$ST = 12\%(WF + WD + WC), \quad ST \leq CR$$

$CR =$ Capacidad de carga del vehiculo remolcador

$$ST = 0.12(WF + WD + WC) [Kg]$$

(6)

(Mechanical Elements, 2019)

2.7.2. Carga soportada por el eje ó conjunto de ejes del remolque (PE)

$$PE = 0.88(WF + WD + WC)[m] \quad (7)$$

(Mechanical Elements, 2019)

2.7.3. Posición del eje (PE)

$$(PE * L6) = (WF * L4) + (WD * L5)$$

$$PE = \frac{(WF * L4) + (WD * L5) + (WC * L1)}{L6} [Kg] \quad (8)$$

(Mechanical Elements, 2019)

2.7.4. Longitud del tiro (L2)

la longitud adecuada debe estar entre 40 pulgadas y 46 pulgadas a más (1.016m a 1.1684m), de tal forma que permita el giro del vehículo remolcador en giros cerrados sin colisionar con la estructura del remolque, además de brindar estabilidad al remolque cuando este cargado. (Mechanical Elements, 2019)

De tal manera se tomará 1.2m

$$L2 = 1.2m$$

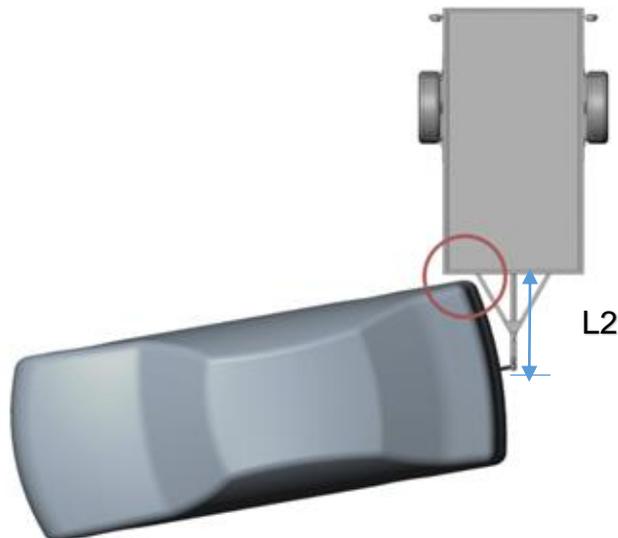
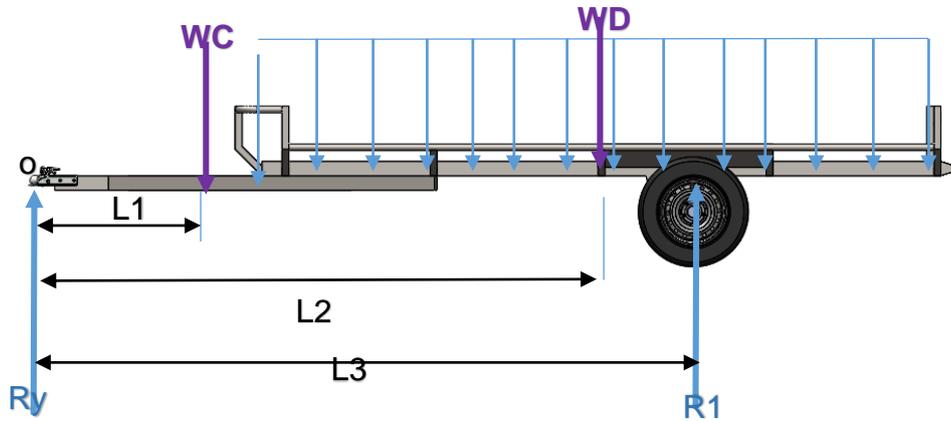


Figura 5: Distancia mínima entre el vehículo remolcador y el remolque

Fuente: (Mechanical Elements, 2019)

2.8. Fuerzas y reacciones en el remolque



2.8.1. Reacciones

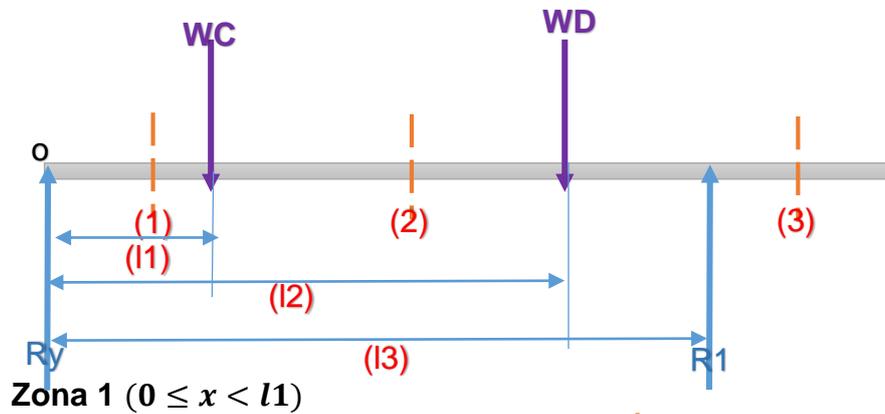
$$\sum F_x = 0$$

$$R_y + R_1 = WC + WD \quad (9)$$

$$\sum M_o = 0$$

$$-WC * L1 - WD * L2 + R_1 * L3 = 0 \quad (10)$$

2.8.2. Fuerza cortante



$$\sum F_v = 0$$

$$R_y - V = 0$$

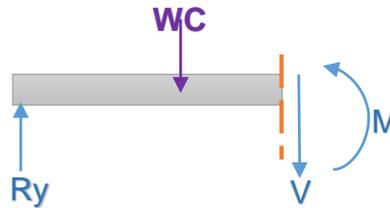
$$V = R_y \quad (11)$$

$$\sum M = 0$$

$$M - RyX = 0$$

$$\mathbf{M = RyX} \tag{11}$$

Zona 2 ($l1 \leq x < l2$)



$$\sum F_V = 0$$

$$Ry - WC - V = 0$$

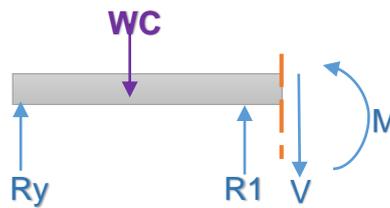
$$\mathbf{V = Ry - WC} \tag{12}$$

$$\sum M = 0$$

$$M - RyX + WC(X - l1) = 0$$

$$\mathbf{M = RyX - WCX + WC l1} \tag{13}$$

Zona 3 ($l2 \leq x < l3$)



$$\sum F_V = 0$$

$$Ry - WC + R1 - V = 0$$

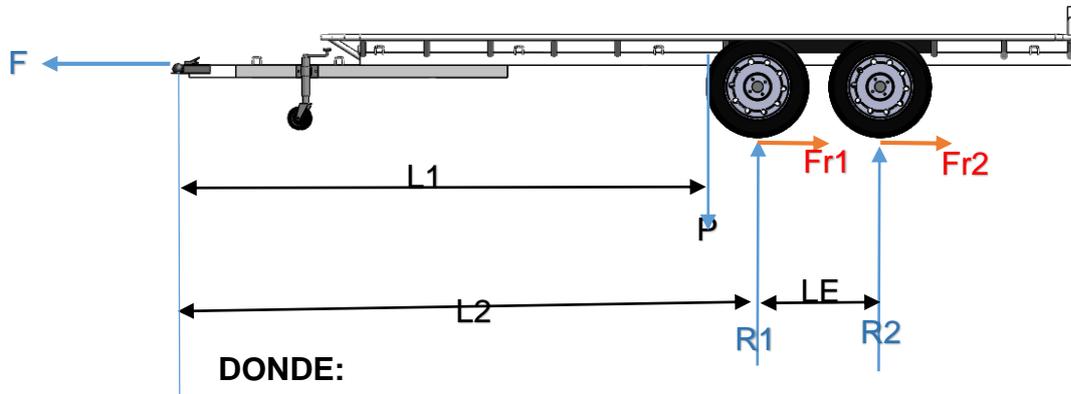
$$\mathbf{V = Ry - WC + R1} \tag{14}$$

$$\sum M = 0$$

$$M - RyX + WC(X - l1) - R1(X - l3) = 0$$

$$\mathbf{M = RyX - WCX + WC l1 + R1X + R1 l3} \tag{15}$$

2.8.3. Fuerza necesaria para iniciar el movimiento del remolque



DONDE:

F = Fuerza necesaria para iniciar el movimiento [N]

P = Masa total del remolque, incluyenyo la carga a transportar [N]

R_1 = Reacción en el primer eje producto de la masa [N]

R_2 = Reacción en el segundo eje producto de la masa [N]

Fr_1 = Fuerza de rozamiento en el primer eje [N]

Fr_2 = Fuerza de rozamiento en el segundo eje [N]

$FR = \mu * R, \mu = 0.81$ = coeficiente de rosamiento y R = reacción

(Calle Carmona, 2002)

L_1 = Longitud hacia el centro de masa del remolque [m]

L_2 = Longitud al primer eje [m]

LE = Distancia de ejes [m]

Figura 6: Esquema básico de cargas en un remolque

Fuente: Elaboración Propia

$$\sum F_x = 0$$

$$-F + FR_1 + FR_2 = 0$$

$$F = Fr_1 + Fr_2 = \mu * R_1 + \mu * R_2 = \mu(R_1 + R_2)$$

$$F = \mu(R_1 + R_2)$$

(16)

$$\sum F_y = 0$$

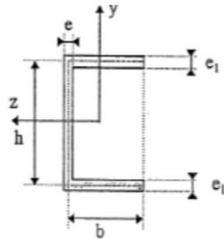
$$-P + R_1 + R_2 = 0$$

$$P = R1 + R2 \quad (17)$$

$$F = \mu * P \quad (18)$$

2.9. Determinación del factor de seguridad

2.9.1. Momento de inercia en perfil en "U"



$$I_z = \frac{1}{12}e(h+e_1)^3 + 2\left(b - \frac{e}{2}\right)\left[\frac{1}{12}e_1^3 + e_1\left(\frac{h}{2}\right)^2\right] \quad (19)$$

2.9.2. Esfuerzo Normal en vigas

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (20)$$

DONDE:

σ = Esfuerzo Flexionante [Mpa]

M = Momento flexionante [Nm]

y = Distancia del centro de masa hacia el punto de calculo del esfuerzo [m]

I = Momento de inercia de la sección transversal [m⁴]

2.9.3. Esfuerzo cortante transversal en vigas

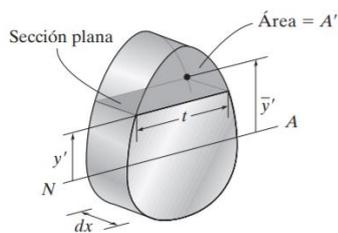


Figura 7: Esfuerzo cortante

Fuente: (Hibbeler, 2011)

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (21)$$

DÓNDE:

τ = Esfuerzo cortante [Mpa]

$V = \text{Fuerza cortante [N]}$

$Q = \text{Distancia del centro de masa hacia el punto de calculo del esfuerzo [m]}$

$Q = y'A'$

$A' = \text{Porción superior o inferior del area}$

$\text{transversal del miembro, desde la seccion que se mide t[m]}$

$y' = \text{Distancia del centroide de } A' \text{ al eje neutro [m]}$

$I = \text{Momento de inercia de la sección transversal respecto al eje neutro [m}^4\text{]}$

$t = \text{Ancho de la seccion transversal del miembro en el punto}$

$\text{donde se hara el calculo [m}^4\text{]}$

2.9.4. Factor de seguridad

$$FS = \frac{\text{resistencia real del material}}{\text{resistencia requerida}} \quad (22)$$

$$FS = \frac{\sigma(\text{material})}{\sigma(\text{trabajo})} \quad (23)$$

$$FS = \frac{S_{su}(\text{material})}{\tau(\text{trabajo})} \quad (24)$$

DÓNDE:

$FS = \text{Factor de seguridad}$

$\sigma(\text{material}) = \text{Esfuerzo de fluencia del material}$

$\sigma(\text{trabajo}) = \text{Esfuerzo de trabajo de la pieza}$

$\tau(\text{trabajo}) = \text{Esfuerzo cortante de trabajo de la pieza}$

$S_u = \text{Resistencia a la traccion del material}$

$S_{su} = 0.5S_u = \text{esfuerzo último en cortante}$

2.10. Diseño de soldadura

Según los componentes del remolque, el tipo de soldadura que mejor se adapta es el de *soldaduras de filete*.

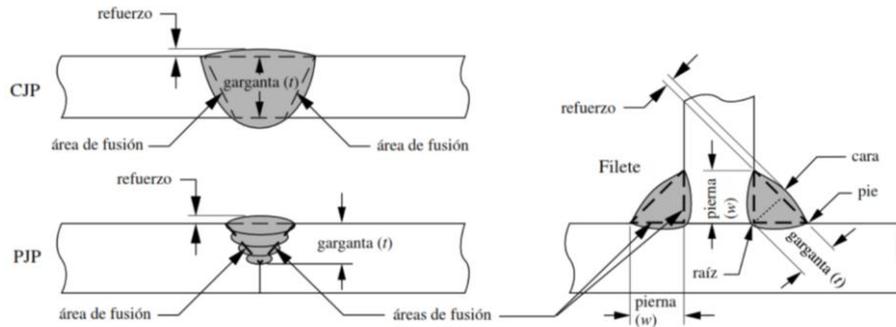


Figura 8: Dimensiones de garganta en juntas soldadas

Fuente: (Norton, 2011)

2.10.1. Determinación del tamaño requerido de la garganta (t)

a) Selección del material de aporte o electrodo

Se selecciona el material de aporte cuya su resistencia a la tensión sea mayor a la resistencia a la tracción del material base, en nuestro caso el material base es el acero ASTM A36 (ver anexo XI)

El material de aporte ideal para el proceso de soldadura MIG es el ER70S-6 de SOLDEXA (ver anexo XII)

b) Determinación de la resistencia permisible del electrodo

Se determina la resistencia permisible en base del 30% de la resistencia a la tracción del material de aporte

$$\tau_{permisible} = 0.3Exx \quad (25)$$

DÓNDE:

$\tau_{permisible}$ = Resistencia permisible del electrodo

Exx = Resistencia a la tracción del material mde aporte

c) Cálculo del área cortante necesaria en la garganta de soldadura

$$A_{cortante} = \frac{P}{\tau_{permisible}} \quad (26)$$

DÓNDE:

$A_{cortante}$ = Area cortante necesaria en la garganta de soldadura

$\tau_{permisible}$ = Resistencia permisible del electrodo

P = Fuerza a la cual esta sometida la pieza

d) Determinación del tamaño de la garganta

$$t = \frac{A_{cortante}}{L} \quad (27)$$

DÓNDE:

$A_{cortante}$ = Area cortante necesaria en la garganta de soldadura

t = Tamaño de la garganta de soldadura

L = longitud del cordon de soldadura

e) Ancho de pierna

Se considera un filete de pierna igual a una junta en T de 90°

$$w = \frac{t}{\cos(45^\circ)} = \frac{t}{0.7071} \quad (28)$$

DÓNDE:

w = ancho de pierna

t = Tamaño de la garganta de soldadura

f) Tamaño mínimo de soldadura

De tablas se verifica el tamaño mínimo recomendado de soldadura según el espesor de la pieza a soldar. De ser menor el tamaño, aumentar al valor superior.

Tabla 5: Tamaños mínimos de soldadura en filetes

Fuente: (Norton, 2011)

Tamaños mínimos de soldadura en filetes*	
Espesor del metal base (T)	Tamaño mínimo de la soldadura
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

g) Factor de seguridad del esfuerzo por fluencia

Esfuerzo cortante

$$\tau_{xy} = \frac{P}{Lw} \tag{29}$$

DÓNDE:

τ_{xy} = Esfuerzo cortante

P = Fuerza aplicada a la pieza

L = Longitud del cordón de soldadura

w = Ancho de pierna

Factor de seguridad

$$N_{fluencia} = \frac{S_{sy}}{\tau_{xy}} \quad (30)$$

DÓNDE:

$N_{fluencia}$ = Factor de seguridad del esfuerzo por fluencia

S_{sy} = Esfuerzo ultimo en cortante del material = $0.5S_y$

donde: S_y = Resistencia a la fluencia del material

τ_{xy} = Esfuerzo cortante

2.11. Selección de componentes

2.11.1. Selección de Sistema de Frenos

Se deberá de seleccionar un sistema de frenos comercial, adecuado según la carga a transportar por el remolque.

Según investigación, los sistemas de frenos para remolques son “frenos de inercia”, que pueden ser mecánicos o hidráulicos. Donde el sistema ya está diseñado y validado para soportar cargas totales. Están diseñados para ser montados y unidos al chasis del remolque mediante pernos y/o soldadura.

A. Dimensionamiento de pernos

❖ Unión con pernos cargados en cortante

Debe cumplir:

Diseño por cortante

$$\tau_{prom} \leq \frac{S_{sy}}{n}$$

Donde:

τ_{prom} = Esfuerzo cortante promedio

$S_{sy} = 0.5S_y$ = Resistencia a la fluencia en cortante

n = Factor de seguridad

Diseño por aplastamiento

$$\sigma_b \leq \frac{S_y}{n}$$

Donde:

σ_b = Esfuerzo de aplastamiento

S_y = Resistencia a la fluencia

n = Factor de seguridad

a) Cortante simple

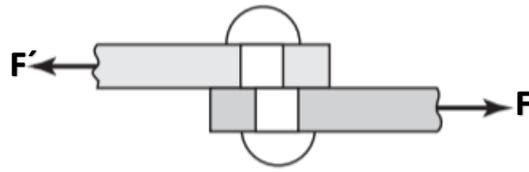


Figura 9: Pernos sometidos a cortante simple

Fuente: (Budynas, 2012)

$$\tau_{prom} = \frac{F}{A} \quad (31)$$

Dónde:

τ_{prom} = Esfuerzo cortante promedio

F = Fuerza de corte

A = Area de la seccion transversal del perno

b) Cortante doble

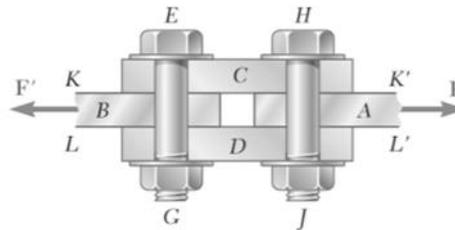


Figura 10: Pernos sometidos a cortante doble

Fuente: (Pacheco Alarcón, 2019)

$$\tau_{prom} = \frac{F}{2A} \quad (32)$$

Dónde:

τ_{prom} = Esfuerzo cortante promedio

$F = \frac{F}{2}$ = Fuerza de corte

A = Area de la seccion transversal del perno

c) Esfuerzo de aplastamiento

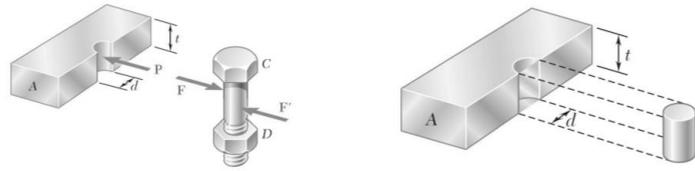


Figura 11: Efecto de aplastamiento producido por pernos

Fuente: (Pacheco Alarcón, 2019)

$$\sigma_b = \frac{P}{A} = \frac{P}{t*d} \quad (33)$$

Donde:

σ_b = Esfuerzo de aplastamiento

P = Fuerza de corte

A = Area de aplastamiento

t = espesor de la union

d = diámetro del agujero

B. Carga de apriete

Con la finalidad que la unión por pernos mantenga unida dos piezas, es necesario dar el apriete o torque correcto a los pernos.

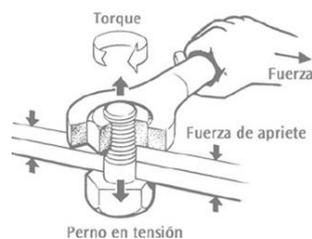


Figura 12: Torque en pernos

Fuente: IMCP

$$T = K * D * P \quad (34)$$

Donde:

T = Torque [lb * pulg]

K = Constante que depende de la lubricacion presente

$K = 0.15$, si existe fluido lubricante o residuos en las roscas

$K = 0.2$, si las roscas estan limpias

$D =$ Diámetro exterior nominal de las roscas [pulg]

$P =$ Carga de sujecion [lb]

Se recomienda, $P = 0.75R_p$ [lb]

$R_p =$ Resistencia de prueba del perno seleccionado [psi]

❖ **Área necesaria al esfuerzo de tensión para un perno**

$$A_t = \frac{c}{\frac{\#de\ pernos}{P}} [pulg^2] \quad (35)$$

❖ **Selección de rosca**

De tablas se selecciona una rosca cuya área cumpla con el área necesaria al esfuerzo.

2.11.2. Selección de neumáticos

Se deberá de seleccionar los neumáticos para el remolque, según la carga a transportar.

$$CN = \frac{PE}{\#de\ neumaticos} \quad (36)$$

Donde:

$CN =$ Capacidad de carga para un neumático

$PE =$ Carga soportada por el eje o conjunto de ejes

2.11.3. Selección de fuelles neumáticos

Se deberá de seleccionar los fuelles neumáticos según el requerimiento de la carga a transportar.

$$Cf = \frac{PE}{\#de\ neumaticos} \quad (37)$$

Donde:

$Cf =$ Carga para un fuelle neumático

$PE =$ Carga soportada por el eje o conjunto de ejes

A) Selección de compresor de aire

El compresor se seleccionará según la capacidad del conjunto de fuelles neumáticos.

$$Cc = Vf * \#F \quad (38)$$

Donde:

Cc = Capacidad del compresor

Vf = Volumen de un fuelle neumático

\#F = Numero de fuelles

B) Selección del tanque de almacenamiento de aire

Según números de fuelles neumáticos.

C) Selección de componentes del sistema neumático

Del mercado local se seleccionará un kit neumático para suspensión.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

El diseño de esta investigación es Pre – experimental, utiliza el conocimiento científico para dar solución a problemas que benefician a la sociedad.

(Espinoza, 2010)

La metodología de diseño se muestra en el siguiente diagrama de flujo:

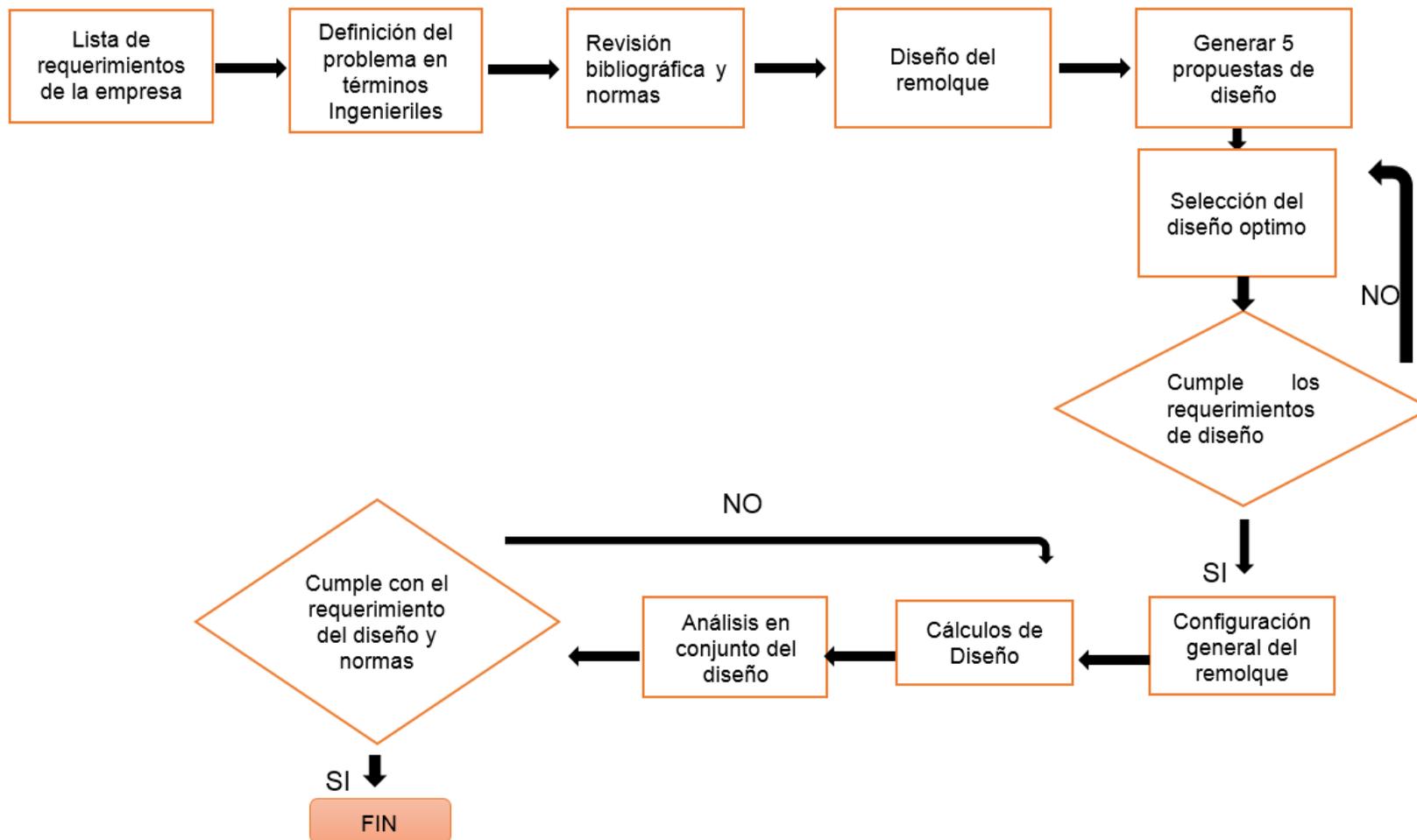


Figura 13: Metodología de diseño – Diagrama de flujo

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización de variables

Según (Rudolph J, 2014) propone: Variables de Diseño, Variables de Solución, Parámetros de Definición de Problema y Variables intervinientes. En el siguiente diagrama de caja negra se analizarán estas variables:

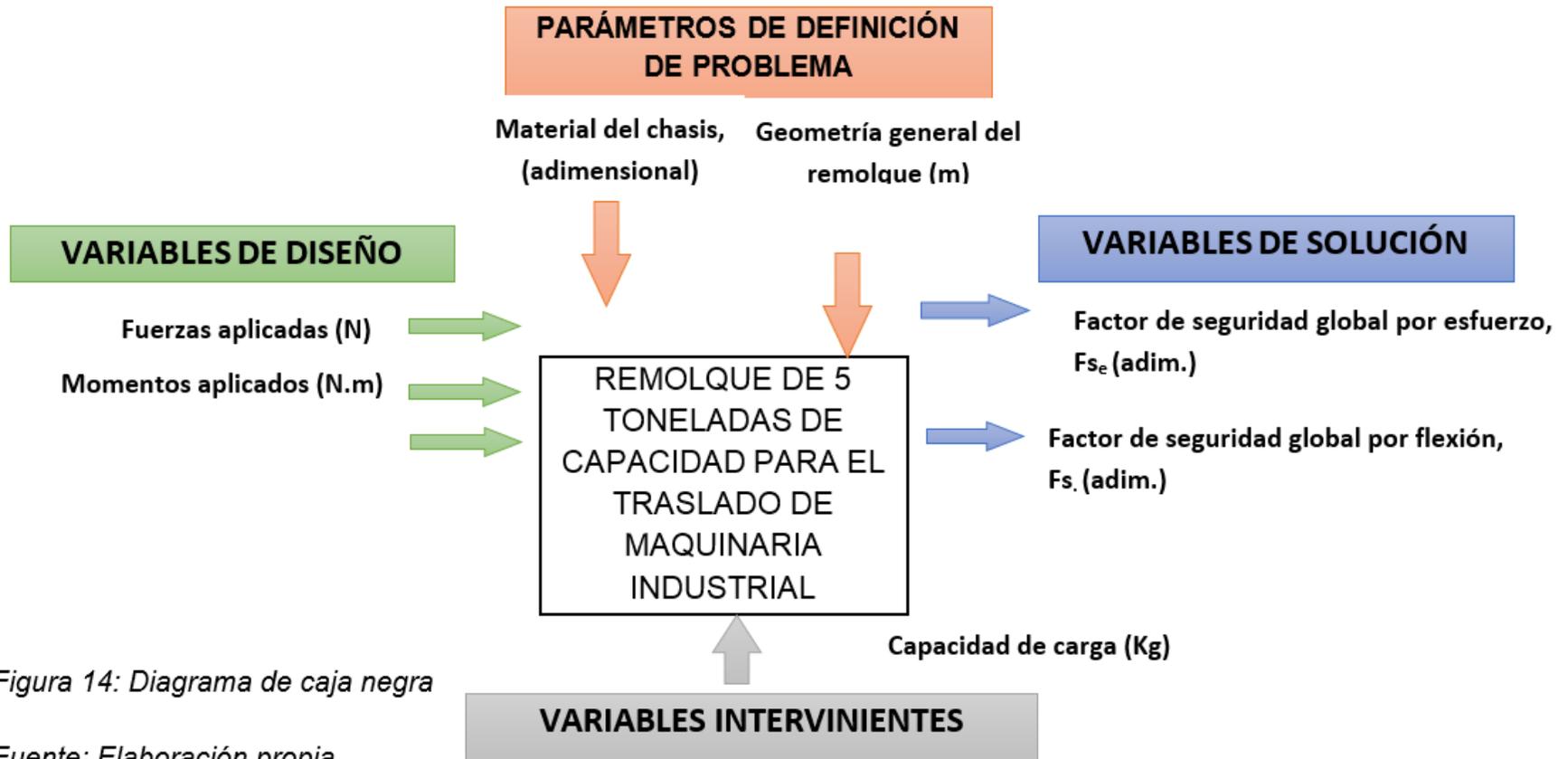


Figura 14: Diagrama de caja negra

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Variables

Parámetros de Definición de Problema:

Material del chasis. (adimensional)

Geometría general del remolque (m)

Variables de Diseño:

Fuerzas aplicadas (N)

Momentos aplicados (N.m)

Variables de Solución:

Factor de seguridad por esfuerzo (adimensional)

Variables intervinientes

Capacidad de carga (Kg)

3.2.2. Operacionalización de variables

VARIABLES DE DISEÑO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Fuerzas aplicadas	Acción, o influencia que genera peso o presión sobre la estructura.	Cargas producto de las diferentes maquinarias a transportar	N	Razón E
Momentos aplicados	Esfuerzo de torsión que soporta la estructura del remolque.		N.m	Razón

VARIABLES DE SOLUCION	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Factor de seguridad global por esfuerzo	valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido	Valor de esfuerzo máximo entre límite de fluencia del material.	Adimensional	Razón

Factor de seguridad global por deflexión Valor calculado de la capacidad máxima de un sistema y el valor del requerimiento esperado real a que se verá sometido. Cociente entre la deformación total del chasis y la deformación admisible Adimensional Razón

3.3. Población y muestra

Población

Todos remolques para el traslado de maquinarias

Muestra

Remolque con Capacidad de 5 Toneladas de Carga para Traslado de Maquinaria Industrial

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

TÉCNICA	INSTRUMENTO	VALIDACIÓN
Análisis documental	Ficha de registro y obtención de datos	Obtención de datos de las normas de fabricación de remolques
Entrevista	Cuestionario simple	Obtener datos importantes del requerimiento de la empresa
Recolección de datos	Check list	Obtener información para la propuesta de un diseño ideal

3.5. Métodos de análisis de datos

- Analítica

Los datos y/o información obtenidos se tendrán que operacionalizar, ya que es necesario para obtener información secundaria.

- Gráfica

Se realizará gráficos; como esquemas, planos. Con el fin de optimizar el transporte de las maquinas industriales en el remolque.

IV. RESULTADOS

4.1. Ingeniería del diseño

4.1.1. Requisitos del Cliente

Mediante una entrevista sostenida con los directivos de la empresa METALLER SAC, se determinó el diseño de un remolque para el traslado de maquinaria industrial.

▪ Definición de Funciones del remolque

COMPONENTE	FUNCIÓN
Área de carga y chasis	Transportar y dar estabilidad a la carga
Lanza o tiro de remolque	Transmite la fuerza de tracción del vehículo remolcador al remolque
Conjunto de Suspensión	Transfiere el peso de la carga hacia el suelo
Eje y rueda	Sostiene el conjunto de suspensión y el conjunto de ruedas

▪ Requisitos del Diseño

Mediante una entrevista con los directivos de la empresa METALLER SAC, se recopiló las exigencias y deseos requeridos. Los cuales se muestran en la siguiente tabla:

LISTA DE EXIGENCIAS Y DESEOS		
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	“Diseño de un Remolque con Capacidad de 5 Toneladas de Carga para Traslado de Maquinaria Industrial en la Empresa Metaller SAC-2020”	REVISADO:
EXIGENCIAS/DESEOS	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
	FUNCIÓN PRINCIPAL	
E	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Transportar maquinaria industrial hasta de 5000 Kg de peso. ➤ Debe ser seguro tanto para el usuario y las cargas. 	L.I.F.A
	GEOMETRÍA	
D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Las medidas principales del remolque serán: <ul style="list-style-type: none"> • Altura: Según propuesta de investigador • Largo de área de carga: 5m • Ancho de área de carga: 2m 	L.I.F.A
	DISEÑO	

E	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Deberá de ser diseñado con materiales disponibles en el mercado local y de tal forma que sea fácil de fabricar. ➤ El diseño debe ser innovador. ➤ Deberá estar diseñado según normas vigentes locales. 	L.I.F.A
	MONTAJE DE CARGAS	
D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El remolque deberá facilitar el montaje y desmontaje de las cargas a transportar. ➤ Debe tener puntos para la fijación de las cargas. 	L.I.F.A
	MANTENIMIENTO	
E	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El diseño deberá de tener un mínimo de componentes mecánicos con el fin de facilitar el mantenimiento del remolque. ➤ Las piezas y/o componentes serán accesibles y de fácil desmontaje para facilitar el cambio de las mismas. 	L.I.F.A
	COSTO	
D	<ul style="list-style-type: none"> ➤ El diseño deberá tener un costo promedio del mercado 	L.I.F.A

▪ **Criterios de Evaluación**

Tomando la lista de exigencias y deseos, los criterios para hacer la evaluación serán los siguientes:

- ✓ Seguridad (para el usuario y las cargas)
- ✓ Facilidad de manufactura
- ✓ Bajo costo
- ✓ Facilidad de carga y descarga de las cargas
- ✓ Apariencia atractiva y diseño innovador
- ✓ Facilidad de mantenimiento o cambio de componentes

CRITERIO	SIMBOLOGÍA	VALOR
Seguridad del montaje de cargas	S	25%
Facilidad de manufactura	Manu	15%
Bajo costo	BC	10%
Facilidad de carga y descarga de las cargas	FCC	15%
Apariencia atractiva y diseño innovador	A Dis	20%
Facilidad de mantenimiento o cambio de componentes	F Mtto	15%
TOTAL		100%

Tabla N° 6: Pesos ponderados según Criterios de selección

Fuente: Elaboración propia

INDICADORES

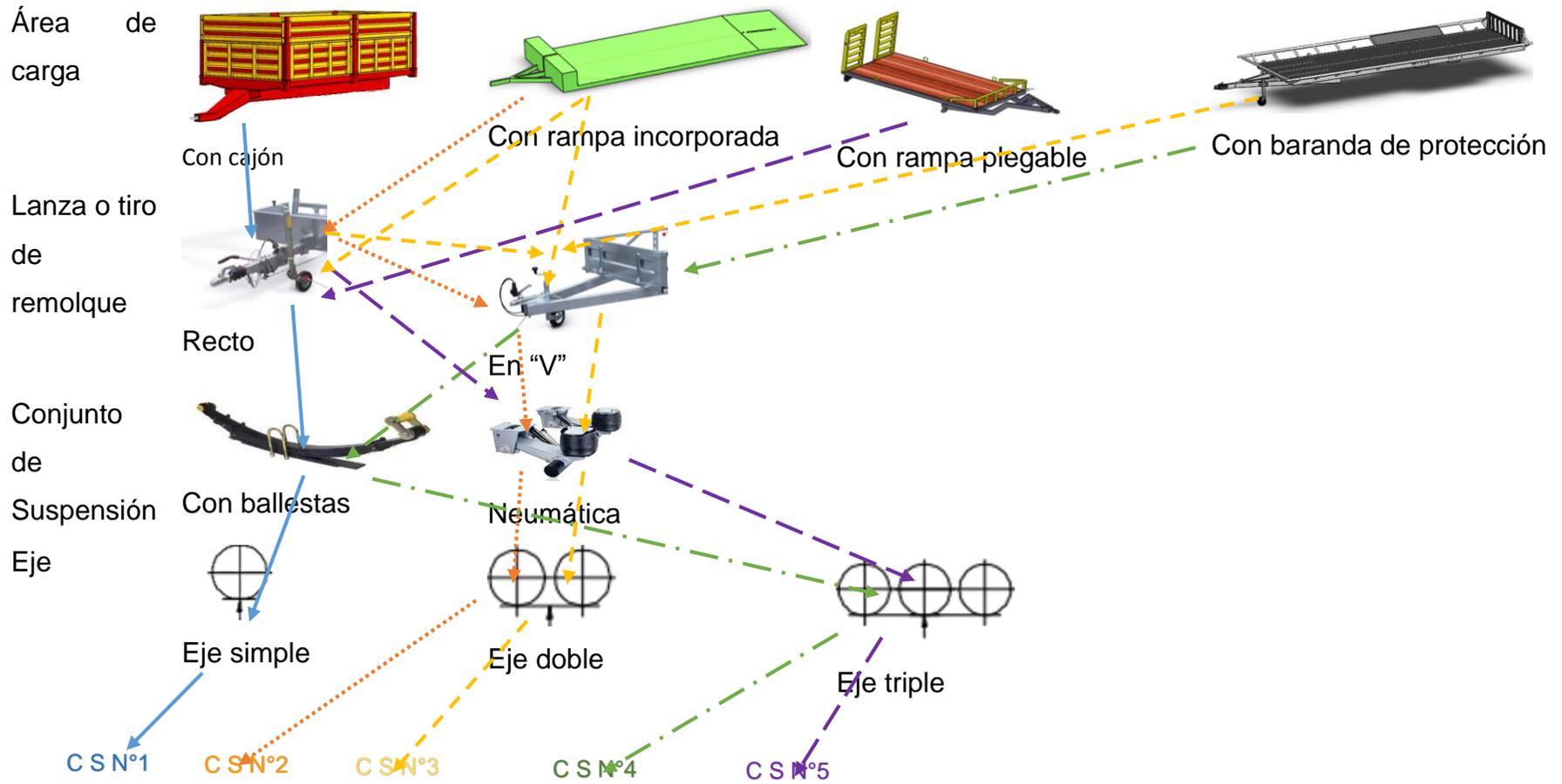
PUNTUACIÓN	EXPLICACIÓN
0	No satisface
1	Aceptable Bien
2	Muy bien
3	Excelente
4	

Tabla N° 7: Puntaje ponderados

Fuente: Elaboración propia

4.1.2. Conceptos de Diseños Alternativos

Se elaboró una matriz morfológica teniendo en cuenta los componentes del remolque y su función



A. Concepto de Solución N°1

El área de carga tiene una protección perimetral tipo cajón, el tiro es recto, además de tener un conjunto de suspensión de ballestas con eje simple.

Ventajas

- ✓ La protección tipo cajón evita que la carga caiga fuera del área de carga.
- ✓ El tiro recto tiene menos componentes y por ende menos peso.
- ✓ La suspensión de ballestas tienen un costo bajo.

Desventajas

- ✓ Se limita el volumen de carga con la protección tipo cajón.
- ✓ El tiro recto no soporta cargas pesadas.
- ✓ La suspensión de ballestas por su geometría, hacen que el chasis sea elevado y dificulta la carga y descarga.

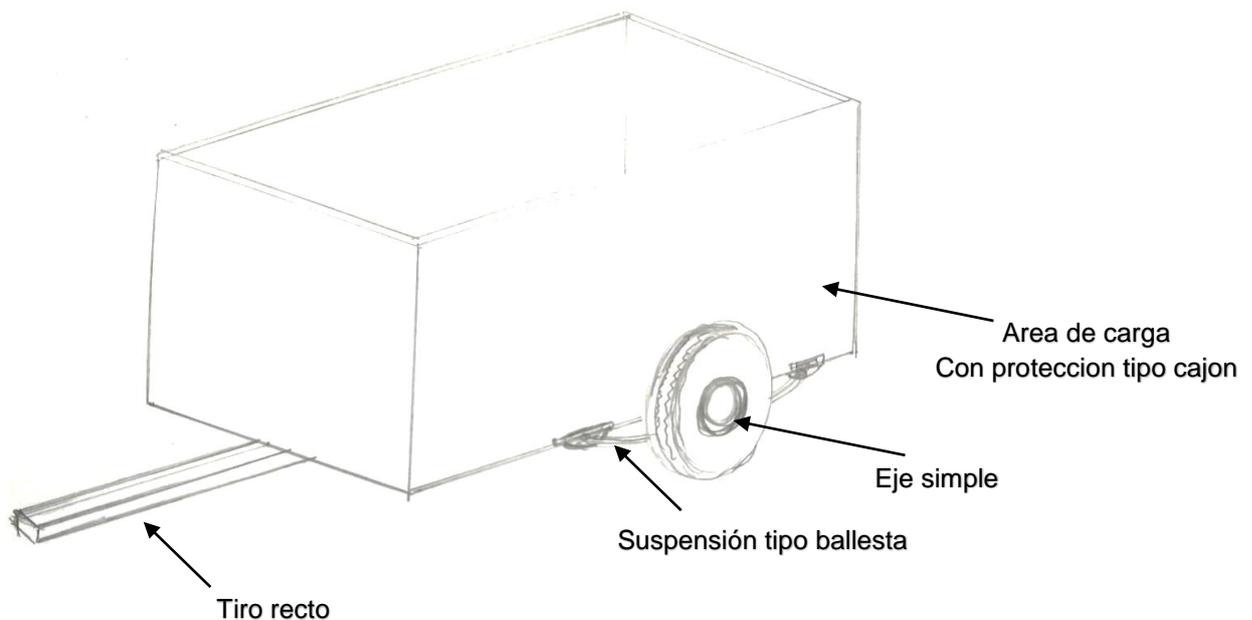


Figura 14: Concepto de solución N°1

Fuente: Elaboración propia

B. Concepto de Solución N°2

El área de carga es libre y tiene una rampa incorporada, el tiro es recto, además de tener un conjunto de suspensión neumática con eje doble.

Ventajas

- ✓ La rampa incorporada facilita la carga y descarga.
- ✓ El tiro recto tiene menos componentes y por ende menos peso.
- ✓ La suspensión neumática permite una circulación suave además se puede regular la altura del remolque.

Desventajas

- ✓ Las cargas pueden salirse de la plataforma.
- ✓ El tiro recto no soporta cargas pesadas.
- ✓ La suspensión neumática es mas costosa.

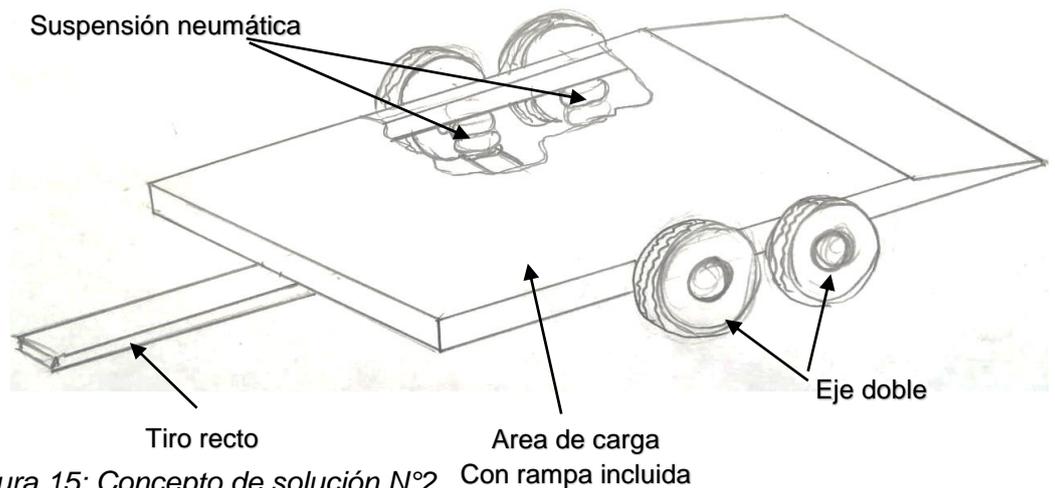


Figura 15: Concepto de solución N°2

Fuente: Elaboración propia

C. Concepto de Solución N°3

El área de carga es libre con una combinación de barandas bajas y tiene una rampa incorporada, el tiro es una combinación de tiro recto y "V", además de tener un conjunto de suspensión neumática con eje doble.

Ventajas

- ✓ La rampa incorporada facilita la carga y descarga. Además, las barandas bajas

Desventajas

- ✓ ciertas cargas pueden salirse de la plataforma por debajo de las barandas.

- ✓ El tiro combinado soporta cargas más pesadas.
- ✓ La suspensión neumática permite una circulación suave además se puede regular la altura del remolque.
- ✓ El tiro combinado es más pesado.
- ✓ La suspensión neumática es más costosa.

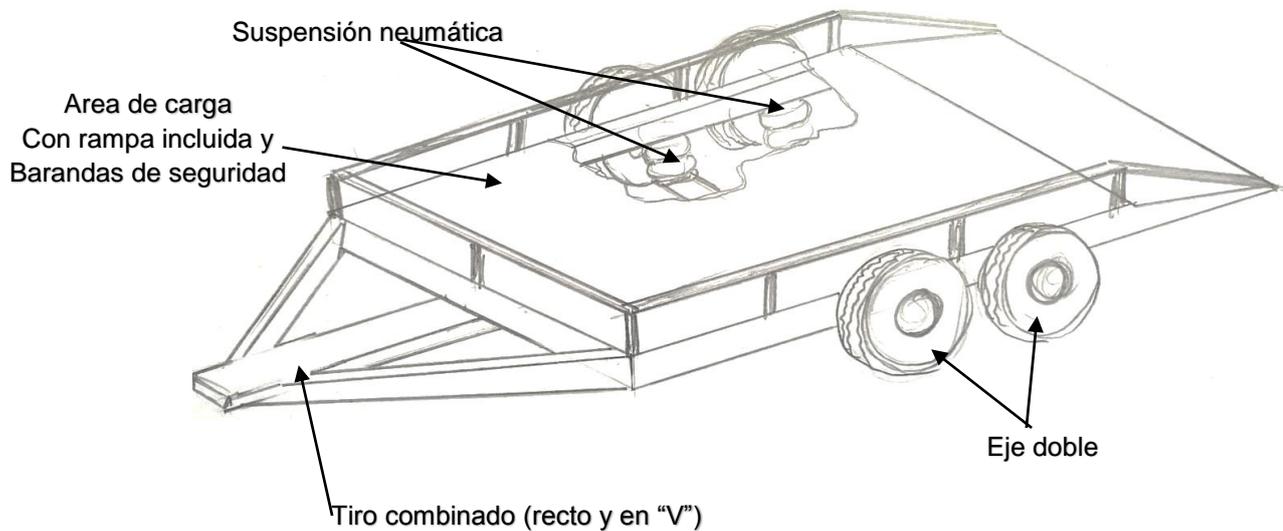


Figura 16: Concepto de solución N°3

Fuente: Elaboración propia

D. Concepto de Solución N°4

El área de carga tiene barandas bajas de protección, el tiro es "V", además de tener un conjunto de suspensión neumática con eje triple.

Ventajas

Desventajas

- ✓ Las barandas bajas permiten el aseguramiento de la carga.
- ✓ El tiro en "V" soporta cargas más pesadas.
- ✓ La suspensión neumática permite una circulación suave además se puede regular la altura del remolque.
- ✓ El eje triple soporta y distribuye mejor las carga.
- ✓ ciertas cargas pueden salirse de la plataforma por debajo de las barandas.
- ✓ El tiro en "V" es más pesado.
- ✓ La suspensión neumática es más costosa.
- ✓ El eje triple es mucho más costoso que uno doble.

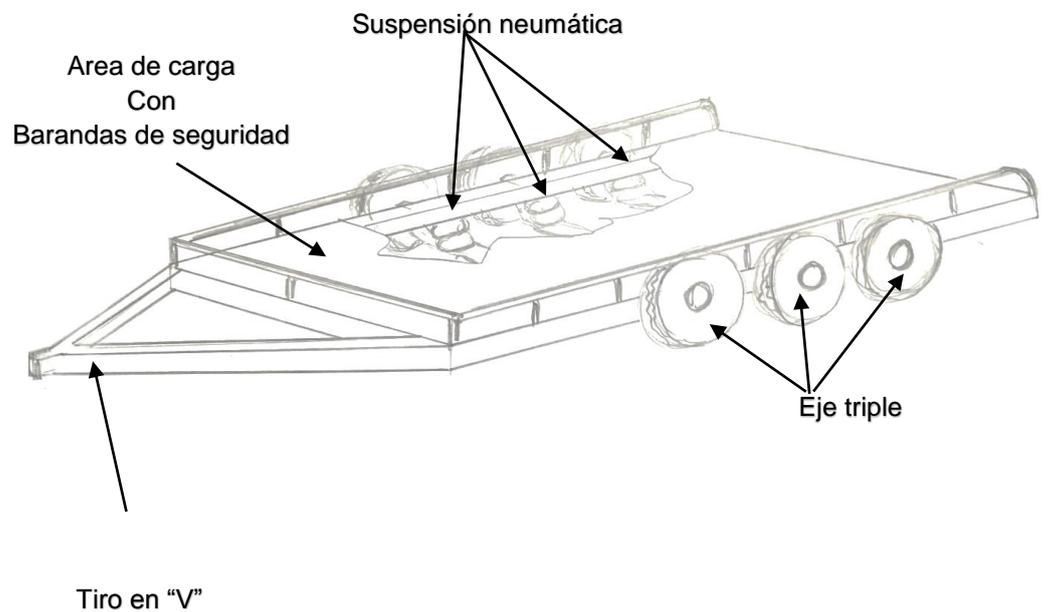


Figura 17: Concepto de solución N°4

Fuente: Elaboración propia

E. Concepto de Solución N°5

El área de carga tiene rampa plegable, el tiro es recto, además de tener un conjunto de suspensión de ballestas con eje triple.

Ventajas

- ✓ La rampa plegable permite que el remolque sea más corto, además facilita la carga y descarga.
- ✓ El tiro recto es ligero.
- ✓ La suspensión de ballestas es de bajo costo.
- ✓ El eje triple soporta y distribuye mejor las carga.

Desventajas

- ✓ La rampa plegable aumenta la altura del remolque.
- ✓ El tiro recto no soporta cargas pesadas.
- ✓ La suspensión de ballesta aumenta la altura del remolque.
- ✓ El eje triple es mucho más costoso que uno doble.

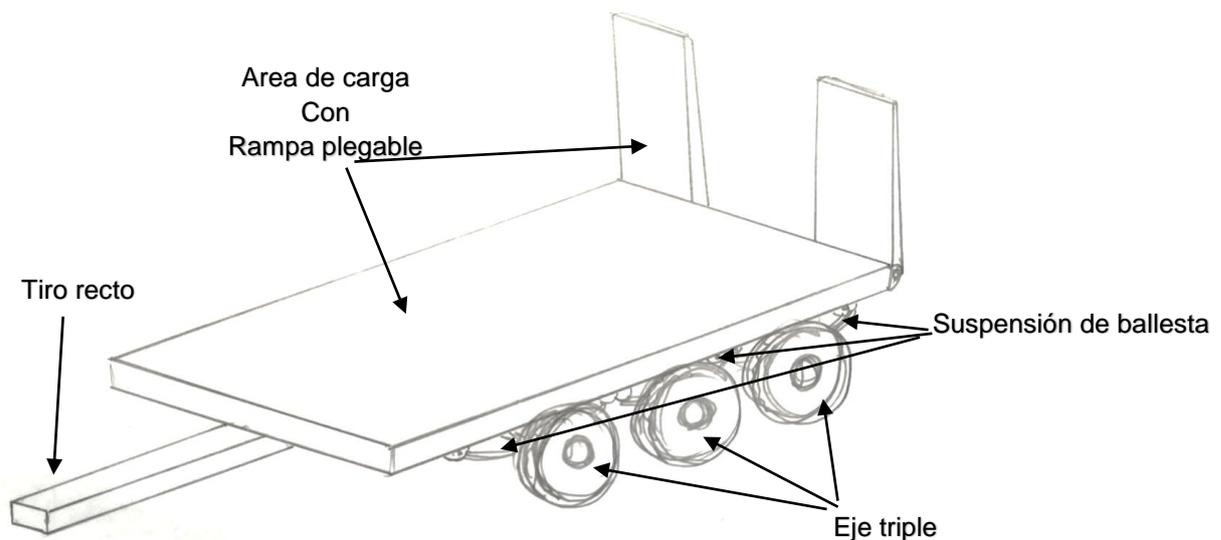


Figura 18: Concepto de solución N°5

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Selección del concepto de Diseño Óptimo

Usando la matriz de evaluación de los conceptos de diseño, con el fin de seleccionar un diseño que se desarrollara.

Según NORMA VDI2225

P=puntaje del 0 al 4

0=No satisface, 1=Aceptable, 2=Bien, 3=Muy bien, 4=Excelente

GP=Peso ponderado según los criterios de evaluación

CRITERIOS DE EVALUACIÓN			ALTERNATIVAS												
			CS N°1		CS N°2		CS N°3		CS N°4		CS N°5		CS IDEAL		
N°	CRITERIO	GP	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	P	GP	
1	Seguridad	S	25%	3	0.75	1	0.25	3	0.75	3	0.75	1	0.25	4	1
2	Facilidad de manufactura	Manu	15%	3	0.45	2	0.3	2	0.3	2	0.3	2	0.3	4	0.6
3	Bajo costo	BC	10%	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	2	0.2	4	0.4
4	Facilidad de carga y descarga de las cargas	FCC	15%	1	0.15	3	0.45	4	0.6	1	0.15	3	0.45	4	0.6
5	Apariencia atractiva y diseño innovador	A Dis	20%	1	0.3	3	0.6	3	0.6	3	0.6	2	0.4	4	0.8
6	Facilidad de mantenimiento/ cambio de componentes	F Mtto	15%	2	0.3	3	0.45	3	0.45	2	0.45	3	0.45	4	0.6
PUNTAJE MAXIMO ($\sum P$ o $\sum GP$)			100%	12	2.15	14	2.25	17	2.9	13	2.45	13	2.05	24	4
VALOR TECNICO xi				0.6		0.5375		0.725		0.6125		0.5125		1	

CONCEPTO A DESARROLLAR

3°

4°

1°

2°

5°

Tabla 8: Matriz de evaluación de conceptos

Fuente: Elaboración propia

Luego de haber evaluado las alternativas, se selecciona la alternativa optima a desarrollar.
Siendo el concepto de solución N°3.

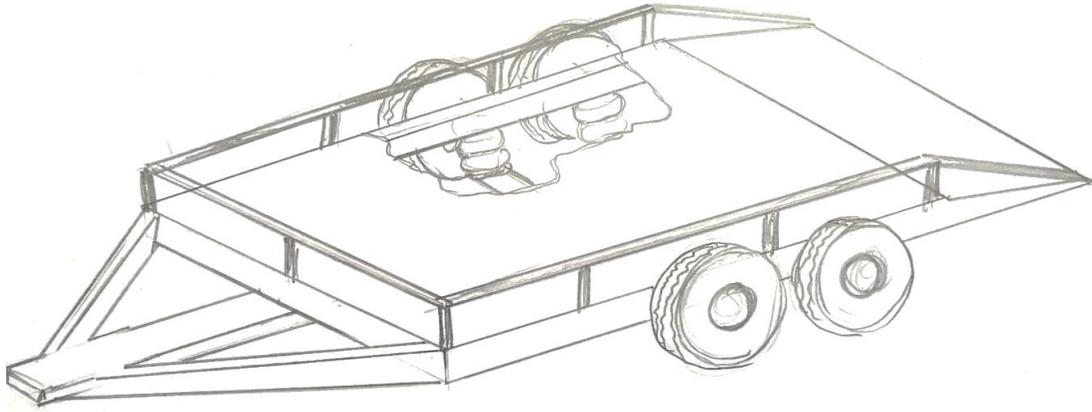
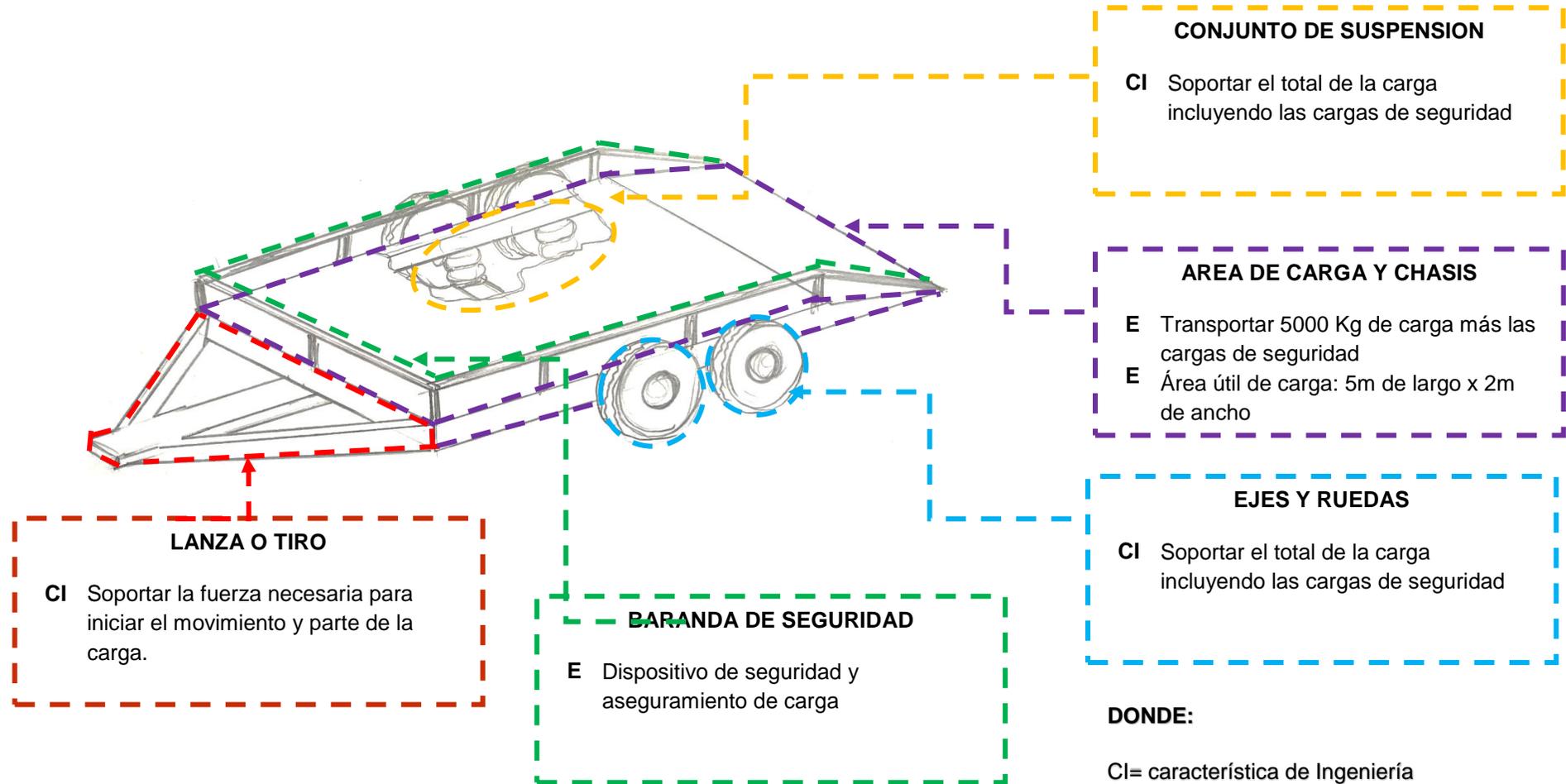


Figura 19: Propuesta optima a desarrollar

Fuente: Elaboración propia

4.2. Características de Ingeniería

A continuación, se presenta un resumen de las exigencias del cliente y las características de ingeniería necesarias para poder desarrollar el concepto de solución, mediante un esquema según las funciones del remolque.



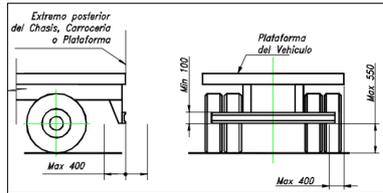
DONDE:

CI= característica de Ingeniería

E=Exigencia del cliente

a) Parámetros según normas locales

Basado en el concepto de solución, las características de Ingeniería y según el Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC (anexo I) se resume lo siguiente:

Parámetro	Designación
Categoría	O3 (peso bruto vehicular de 3.5T a 10T)
Pesos por eje	2RS (doble rodado simple, 4 neumáticos) Peso máximo por eje 12T
Dispositivos anti empotramiento	
Dimensiones	Largo máximo: 8.5m Ancho máximo: 2.6m
Alumbrado y señalización óptica	Obligatorio: Luz de posición derecha e izquierda Luz de freno Luz de retroceso Reflectores laterales y posterior
Sistema de frenos	Obligatorio (debe actuar en cada extremos de eje)

4.3. Cálculos matemáticos

4.3.1. Cargas de diseño

4.3.1.1. Carga transportada (CT)

De requerimientos del cliente se establece:

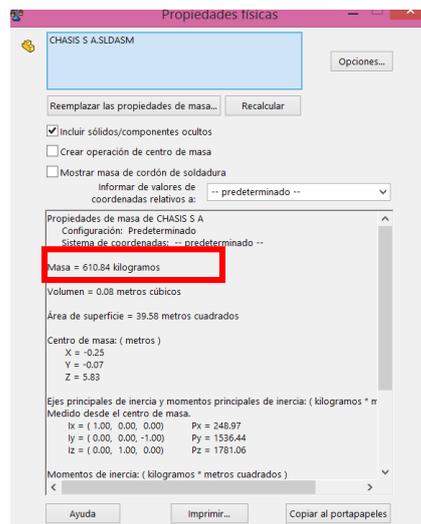
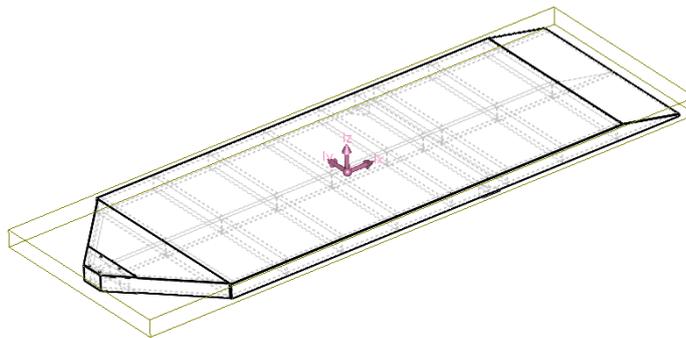
$$CT = 5000Kg$$

4.3.1.2. Carga muerta (CM)

A continuación, se presenta el cálculo y/o determinación de la masa de los componentes del remolque:

a) Chasis y área de carga

Con ayuda de CAD y mediante el software SOLIDWORKS, se calcula la masa del área de carga y chasis de remolque. Para acero ASTM A36.



610.84 Kg

b) Conjunto de suspensión

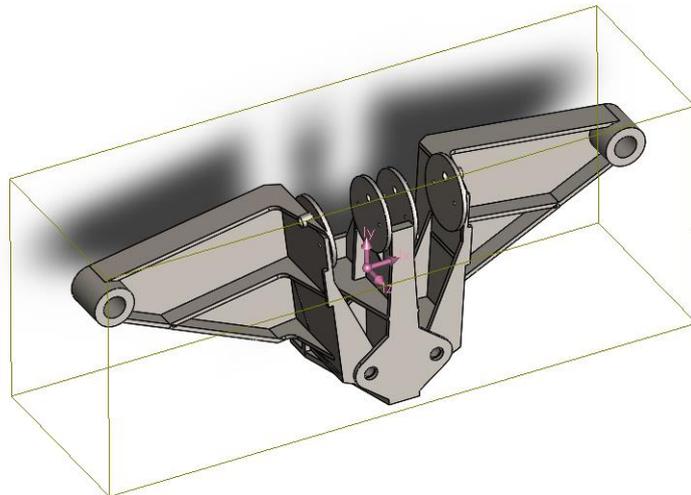
Conformada por el mecanismo articulado de suspensión y 4 fuelles neumáticos. Para mayor detalle ver anexo N°.... y las bases

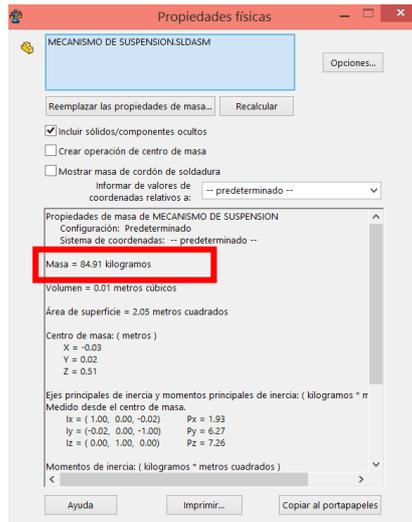


3 Kg

Total=12Kg

Para el mecanismo de suspensión en acero ASTM A36. Con ayuda de CAD y mediante el software SOLIDWORKS, se calcula la masa.

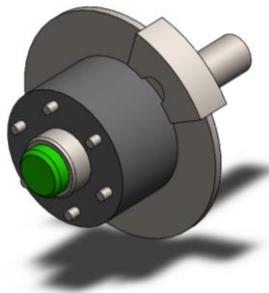




84.91Kg
Total=169.82Kg

c) Conjunto de ejes

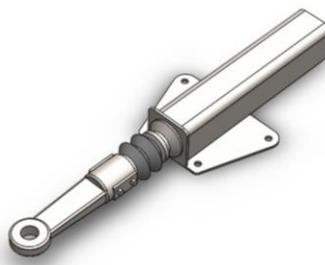
Conformado por 4 ejes con sistema de frenado tipo disco. Para mayor detalle ver anexo N°....



18 Kg
Total=72Kg

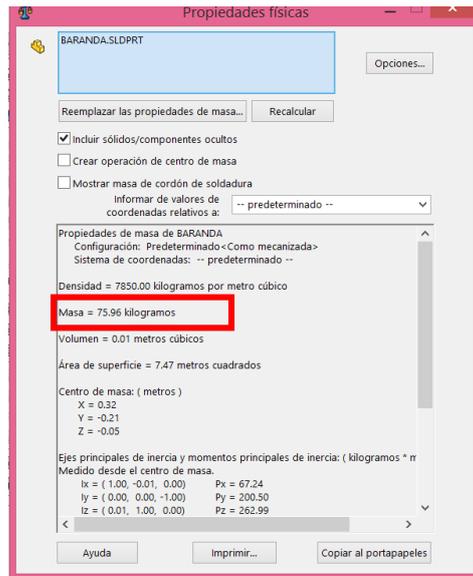
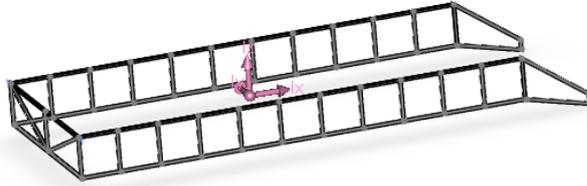
d) Lanza o tiro

La lanza o tiro forma parte del chasis, sin embargo, según reglamento del MTC el remolque debe estar equipado con un mecanismo de frenado y frenos. A continuación, se presenta el mecanismo de frenado, freno de inercia. Para mayor detalle ver Anexo III



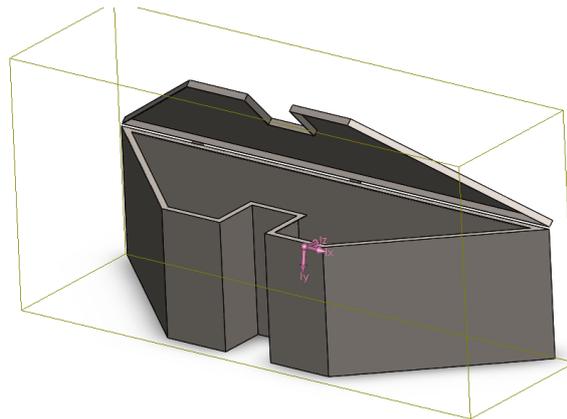
38 Kg

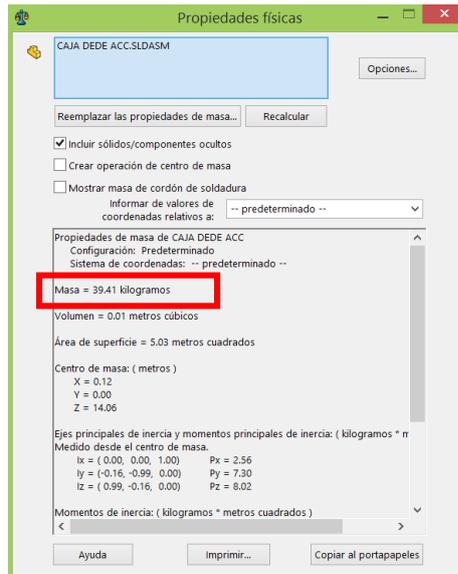
e) Baranda de seguridad



75.96Kg

f) Caja de accesorios





39.41 Kg

g) Accesorios

Estos componentes irán ubicados en la caja de accesorios:

- **Compresor de aire**

El compresor seleccionado tiene una masa de 11.10libras = 5.034Kg, ver Anexo VIII

- **Batería**

La batería seleccionada tiene una masa de 12.25 Kg, ver Anexo X

- **Tanque de almacenamiento de aire**

El tanque de almacenamiento tiene una masa de 5Kg, ver Anexo

Tabla N°. 9: Resumen de cargas muertas

Chasis y Área de carga	610.84 Kg	Masa del
Conjunto de Suspensión	181.82Kg	Remolque
Conjunto de ejes	72Kg	978.58Kg
Freno de inercia	38Kg	
Baranda de seguridad	75.92Kg	
Caja de accesorios	39.41 Kg	Carga
Compresor de aire	5.034 Kg	Extra
Batería	12.25Kg	61.69Kg
Tanque de almacenamiento de aire	5Kg	
Peso Total	1040.27 Kg	

4.3.1.3. Carga viva (CV)

$$CV = CT + 0.1(CT)$$

$$CV = 5000Kg + 0.1(5000Kg)$$

$$CV = 5500Kg$$

4.3.1.4. Carga de impacto (CI)

De ecuación (4)

$$CI = 0.1 * CV [Kg]$$

$$CI = 0.1 * 5500Kg$$

$$CI = 550Kg$$

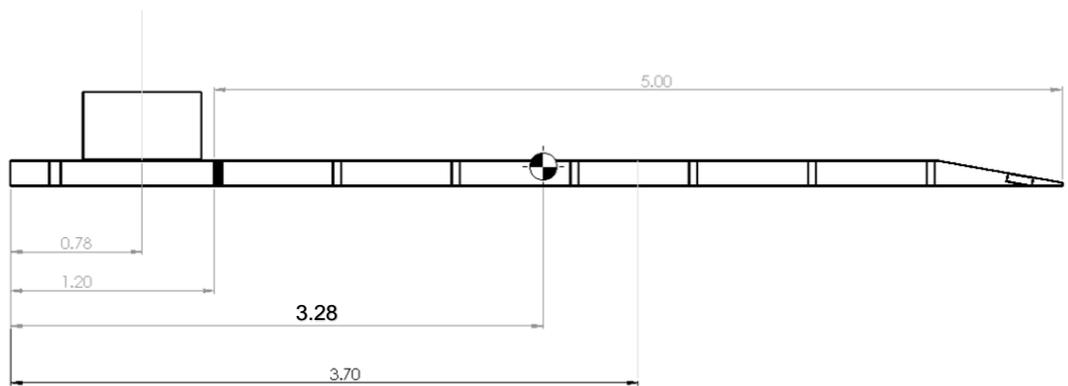
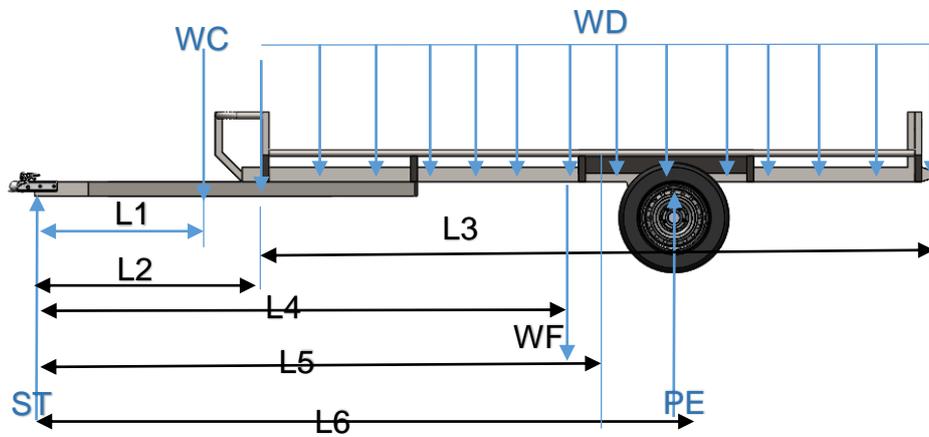
4.3.1.5. Carga viva total (CVT)

$$CVT = CI + CV$$

$$CVT = 550 Kg + 5500 Kg$$

$$CVT = 6050Kg$$

4.3.1.6. Cálculo de carga soportada por el tiro y la posición del eje



*Medidas en metros

DONDE:

$$WD = 6050Kg$$

$$WC = 61.69 Kg$$

$$WF = 978.58Kg$$

$$L1 = 0.78m$$

$$L2 = 1.2m$$

$$L3 = 5m$$

$$L4 = 3.28m$$

$$L5 = 3.7m$$

$$L6 = \text{Longitud hacia el eje [m]}$$

4.3.1.7. Carga soportada por el Tiro (ST)

De ecuación (6)

$$ST = 0.12(978.58Kg + 6050Kg + 61.69Kg)$$

$$ST = 850.83Kg$$

4.3.1.8. Carga soportada por el eje o conjunto de ejes del remolque (PE)

De ecuación (7)

$$PE = 0.88(978.58Kg + 6050Kg + 61.69Kg)$$

$$PE = 6239.43Kg$$

4.3.1.9. Posición del eje ($L6$)

De ecuación (8)

$$(PE * L6) = (WF * L4) + (WD * L5) + (WC * L1)$$

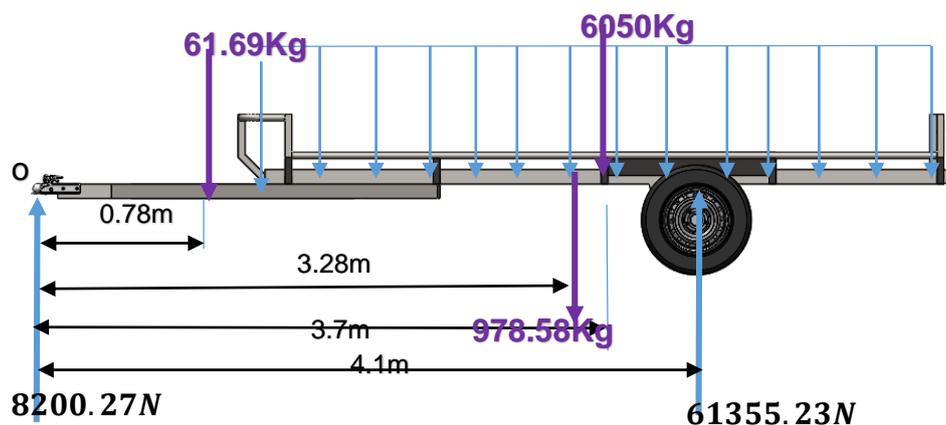
$$L6 = \frac{(978.58Kg * 3.28m) + (6050Kg * 3.7m) + (61.69Kg * 0.78m)}{6239.43Kg}$$

$$L6 = 4.1m$$

4.3.1.10. Longitud del tiro ($L2$)

$$L2 = 1.2m$$

4.3.2. Fuerzas y reacciones en el remolque



Reacciones

$$\sum Fx = 0$$

$$Ry + R1 - WC - WF - WD = 0$$

(9)

$$R_y + R_1 = (61.69Kg + 978.58Kg + 6050Kg)9.81m/s^2$$

$$R_y + R_1 = 69555.5N \quad (a)$$

$$\sum M_o = 0$$

$$-WC * L1 - WF * L4 - WD * L2 + R1 * L3 = 0 \quad (10)$$

$$(-61.69Kg * 0.78m - 978.58Kg * 3.28m - 6050Kg * 3.7m)9.81m/s^2 + R1 * 4.1m = 0$$

$$R1 = \frac{251556.46N.m}{4.1m}$$

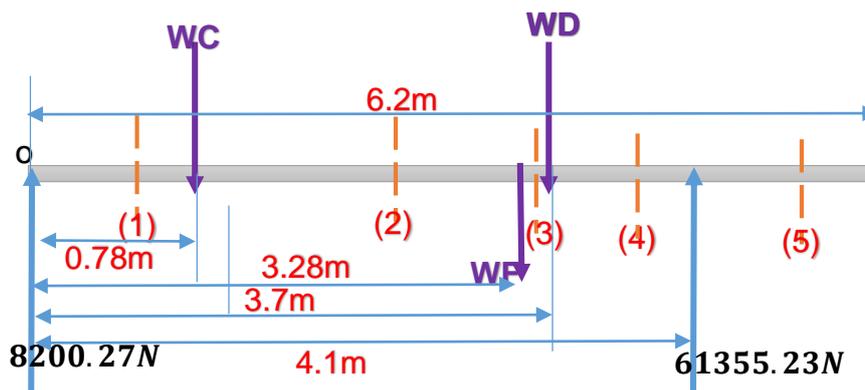
$$R1 = 61355.23N$$

Reemplazando en (a)

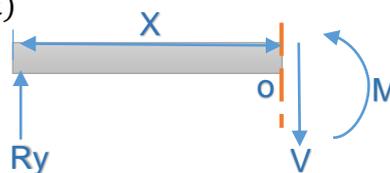
$$R_y + 61355.23N = 69555.5N$$

$$R_y = 8200.27N$$

4.3.3. Fuerza cortante y Momento Flector



Zona 1 ($0 \leq x \leq 0.78m$)



$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - V = 0$$

$$V = 8200.27N \quad (11)$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M - RyX = 0$$

$$M = 8200.27NX \quad (12)$$

Zona 2 ($0.78m \leq x \leq 3.28m$)

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - WC - V = 0$$

$$V = 8200.27N - 605.18N$$

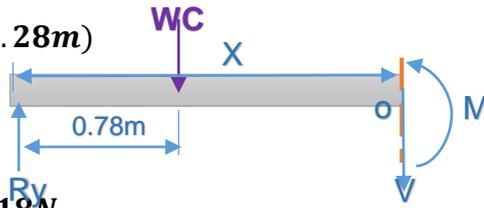
$$V = 7595.09N$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M - R_yX + WC(X - 0.78) = 0$$

$$M = 8200.27NX - 605.18NX + 605.18N * 0.78m$$

$$M = 7595.09NX + 472.04N.m$$



(13)

Zona 3 ($3.28m \leq x \leq 3.7m$)

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - WC - WF - V = 0$$

$$V = 8200.27N - 605.18N - 9599.87N$$

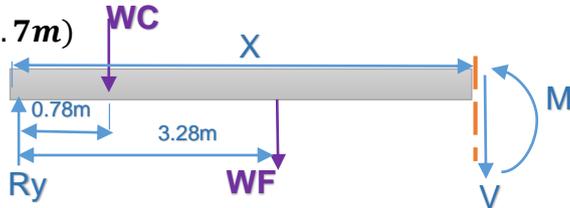
$$V = -2004.78N$$

$$\sum M_o = 0$$

$$M - R_yX + WC(X - 0.78) + WF(X - 3.28) = 0$$

$$M = 8200.27NX - 605.18NX + 472.04N.m - 9599.87NX + 31487.57N.m$$

$$M = -2004.78NX + 31959.61N.m$$



(15)

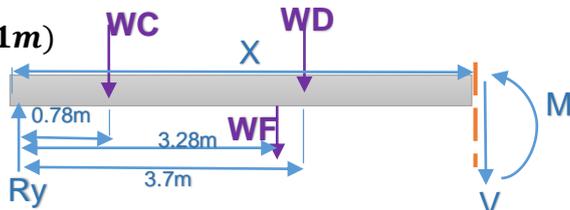
Zona 4 ($3.7m \leq x \leq 4.1m$)

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - WC - WF - WD - V = 0$$

$$V = 8200.27N - 605.18N - 9599.87N - 59350.5N$$

$$V = -61355.23N$$



(15)

$$\sum M_o = 0$$

$$M - R_y X + WC(X - 0.78) + WF(X - 3.28) + WC(X - 3.7) = 0$$

$$M = 8200.27NX - 605.18NX + 472.04N \cdot m - 9599.87NX + 31487.57N \cdot m - 59350.5NX + 219596.85N \cdot m$$

(16)

$$M = -61355.23NX + 251556.46N \cdot m$$

Zona 5 ($4.1m \leq x \leq 6.2m$)

$$\sum F_V = 0$$

$$R_y - WC - WF - WD + R1 - V = 0$$

$$V = 8200.27N - 605.18N - 9599.87N - 59350.5N + 61355.23N$$

(15)

$$V = 0$$

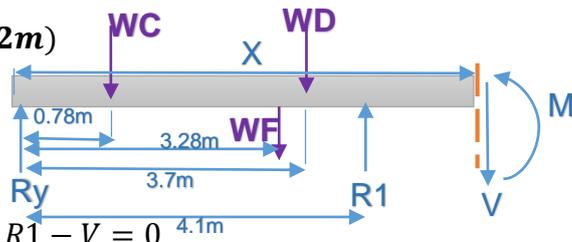
$$\sum M_o = 0$$

$$M - R_y X + WC(X - 0.78) + WF(X - 3.28) + WC(X - 3.7) - R1(X - 4.1) = 0$$

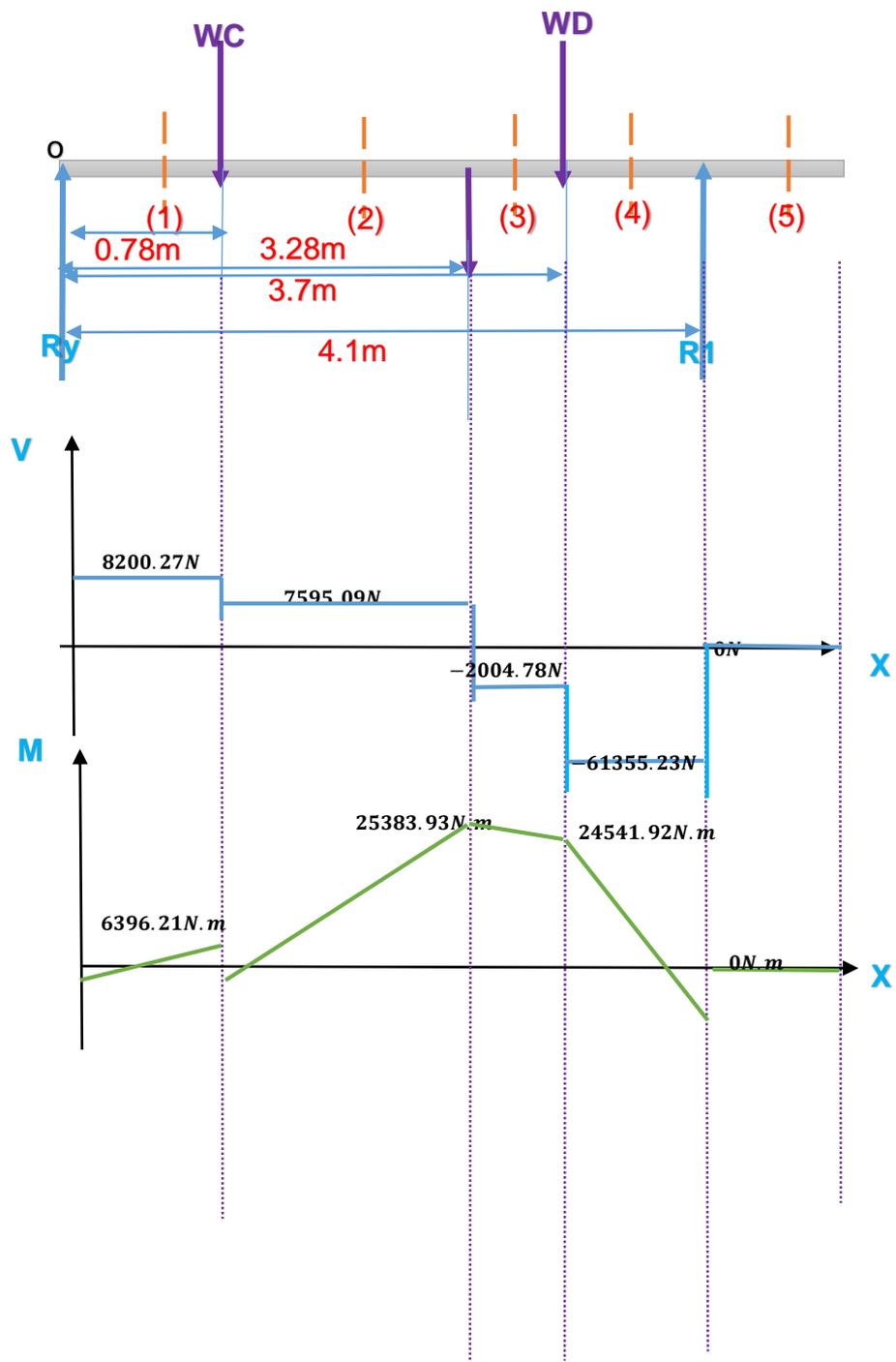
$$M = 8200.27NX - 605.18NX + 472.04N \cdot m - 9599.87NX + 31487.57N \cdot m - 59350.5NX + 219596.85N \cdot m + 61355.23NX - 251556.46N \cdot m$$

(16)

$$M = 0$$



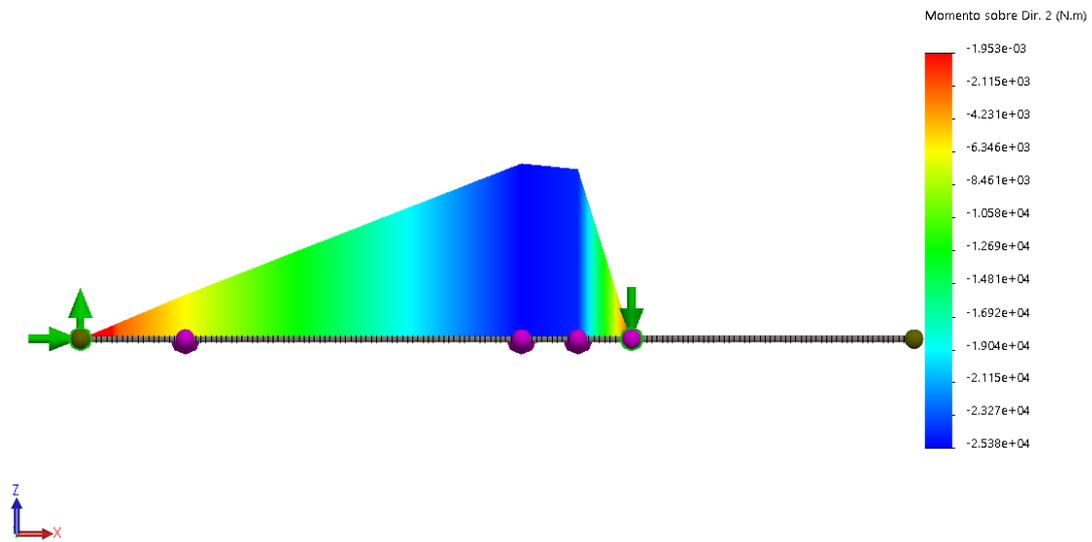
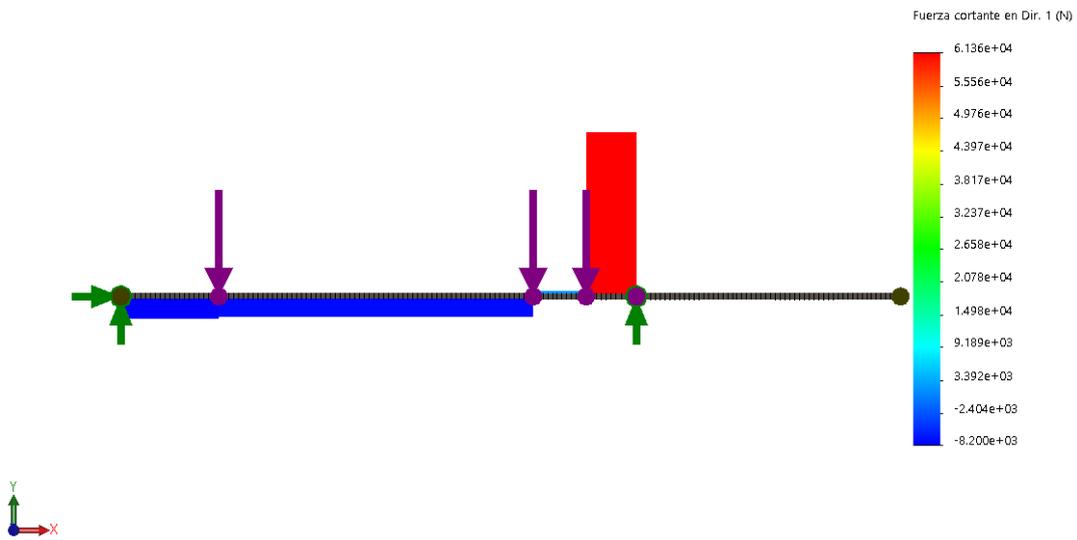
4.3.4. Diagrama de Fuerza cortante y Momento Flector



Se deduce:

$$V_{max} = 61355.23N$$

$$M_{max} = 25383.93N.m$$



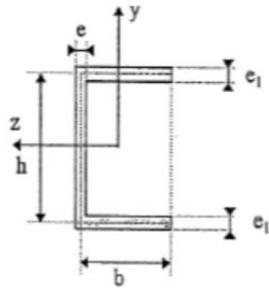
Nombre de viga	Elemento	Final	Axial (N)	Cortante1 (N)	Cortante2 (N)	Momento 1 (N.m)	Momento 2 (N.m)	Torsión (N.m)
Viga-1(Personalizado PERFIL EN C 6 X 2 X 8MM(1)[3])	1	1	-1.1597e-21	2004.7	-0.0003169	-0.0038795	-24542	-90.312
	11	2	1.5281e-21	-2004.7	0.0003169	0.0040128	25384	90.313
Viga-2(Personalizado PERFIL EN C 6 X 2 X 8MM(1)[1])	12	1	-6.9726e-19	-8200.3	-8.3352e-15	7.6267e-15	-6396.2	369.42
	31	2	-6.9406e-19	8200.3	9.2701e-15	-9.6312e-18	-1.9252e-10	-369.42
Viga-3(Personalizado PERFIL EN C 6 X 2 X 8MM(1)[4])	32	1	-1.2097e-21	61355	-0.0090349	3.8897e-14	4.705e-08	-2764
	41	2	1.7166e-21	-61355	0.0090348	0.0036139	24542	2764
Viga-4(Personalizado PERFIL EN C 6 X 2 X 8MM(1)[5])	42	1	1.2334e-24	-3.3322e-09	-6.7311e-16	4.8683e-17	-2.0287e-10	9.9961e-10
	96	2	1.4423e-21	2.908e-08	-1.2999e-14	-3.1957e-14	-4.6399e-08	-1.0113e-07
Viga-5(Personalizado PERFIL EN C 6 X 2 X 8MM(1)[2])	97	1	-1.4549e-21	-7595.1	-5.6298e-15	2.491e-14	-25384	342.16
	161	2	1.5533e-21	7595.1	8.2245e-15	-7.6397e-15	6396.2	-342.16

Mediante Software CAD se verifica los cálculos efectuados:

$$V_{max} = 61355.23N$$

$$M_{max} = 25383.93N.m$$

4.3.5. Momento de inercia en perfil en "U"



$$I_z = \frac{1}{12}e(h+e_1)^3 + 2\left(b - \frac{e}{2}\right)\left[\frac{1}{12}e_1^3 + e_1\left(\frac{h}{2}\right)^2\right] \quad (17)$$

$$e_1 = 8.7mm$$

$$e = 8mm$$

$$h = 143.7mm$$

$$b = 46.8mm$$

$$I = \frac{1}{12}8(143.7 + 8.7)^3 + 2\left(46.8 - \frac{8}{2}\right)\left[\frac{1}{12}8.7^3 + 8.7\left(\frac{143.7}{2}\right)^2\right]$$

$$I = 6.2606 \times 10^6 mm^4 = 6.26 \times 10^{-6} m^4$$

4.3.6. Esfuerzo Normal en vigas

$$\sigma = \frac{My}{I} \quad (18)$$

$$\sigma = \frac{25383.93 N \cdot m \left(\frac{143.7}{2}\right) \times 10^{-3} m}{6.26 \times 10^{-6} m^4}$$

$$\sigma = 136.5 Mpa$$

Factor de seguridad

$$FS = \frac{\sigma_y(\text{material})}{\sigma(\text{trabajo})}$$

$$FS = \frac{250 Mpa}{136.5 Mpa} = 1.83$$

4.3.7. Esfuerzo cortante transversal en vigas

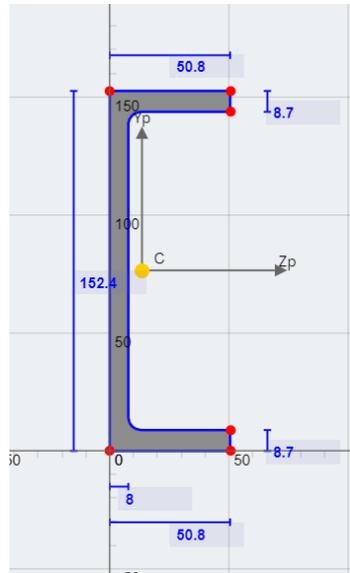


Figura 20.: Esfuerzo cortante en vigas en "C"

$$\tau = \frac{VQ}{It} \quad (19)$$

DÓNDE:

$$\tau = \text{Esfuerzo cortante [Mpa]}$$

$$V = 8200.27 \text{ N}$$

$$Q = 0.008 * 0.0675 * 0.03375 + 0.0508 * 0.0087(0.0675 + 0.00435)$$

$$Q = 49.97 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$I = 6.26 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$t = 8 \text{ mm}$$

$$\tau = \frac{61355.23 \text{ N}(49.97 \times 10^{-6} \text{ m}^3)}{6.26 \times 10^{-6} \text{ m}^4(0.008 \text{ m})}$$

$$\tau = 61.22 \text{ Mpa}$$

Factor de seguridad basado en esfuerzo cortante

$$FS = \frac{S_{su}(\text{material})}{\tau(\text{trabajo})}$$

$$S_{su} = 0.5 S_u$$

$$S_u = 400 \text{ Mpa}$$

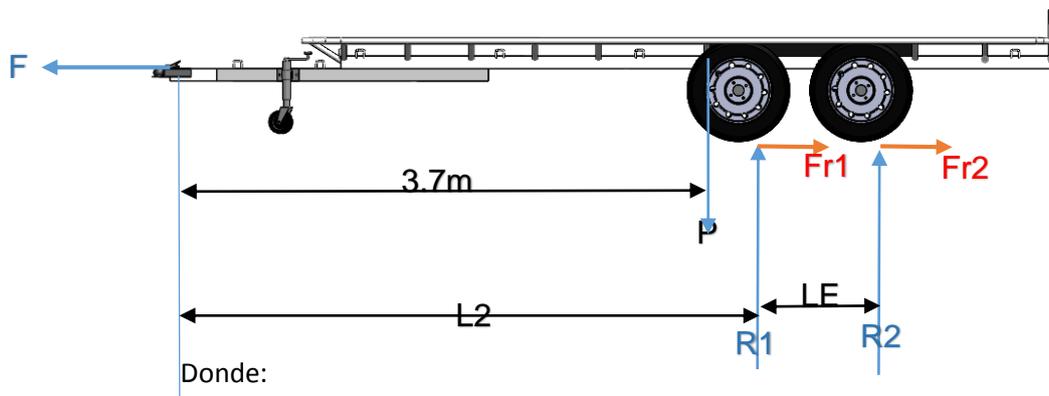
$$S_{su} = 0.5(400 \text{ Mpa}) = 200 \text{ Mpa}$$

$$FS = \frac{200Mpa}{61.22Mpa}$$

$$FS = 3.26$$

4.4. Fuerza necesaria para iniciar el movimiento del remolque

4.4.1. En tramos horizontales (sin pendiente)



$$P = 69555.54N$$

De la ecuación

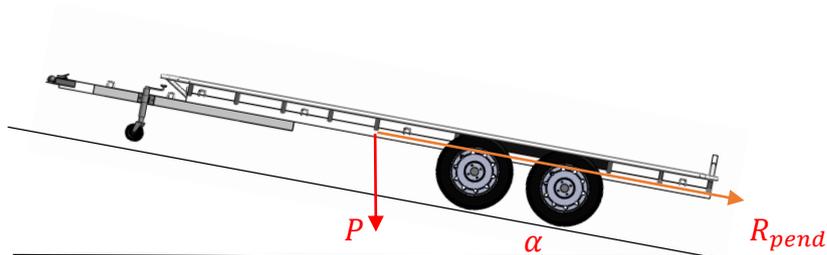
$$F = \mu * P = 0.81 * P$$

$$F = 0.81 * 69555.54N$$

$$F = 56339.99N$$

(9)

4.4.2. Fuerza de resistencia de pendiente



$$R_{pend} = P * \text{sen}(\alpha)$$

donde:

$R_{pend} = \text{Fuerza de resistencia de pendiente}$

$P = \text{Peso del vehiculo (remolque)}$

$\alpha = \text{angulo de inclinacion} = \text{atng}\left(\frac{\alpha_{max}}{100}\right)$

$\alpha_{max} = 8\%$, Segun Manual de Carreteras DG – 2018

$\alpha = \text{atang}\left(\frac{8}{100}\right) = 0.079$

$F_{pend} = 69555.54N * \text{sen}(0.079)$

$R_{pend} = P * \text{sen}(\alpha)$

$R_{pend} = 5489.16N$

4.4.3. Fuerza necesaria para iniciar el movimiento

$F_{mov} = F + R_{pend}$

$F_{mov} = 56339.99N + 5489.16N$

$F_{mov} = 61829.15N = 6302.66Kg$

En la tabla 2, se observa que el vehículo ideal para remolcar el remolque diseñado es de la marca FORD modelo RANGER F350, con capacidad de remolque de 6803.88 Kg o vehículos con capacidad de remolque similares.

4.5. Diseño de soldadura

4.5.1. Determinación del tamaño requerido de la garganta (t)

a) Selección del material de aporte o electrodo

Material base es el acero ASTM A36

$S_y = 36KPsi = 250MPa$

$S_{ut} = 58KPsi - 80KPsi = 400MPa - 500MPa$

Material de aporte ER70S-6 (Ver Anexo XIII)

$S_y = 410MPa$

$S_{ut} = 497MPa - 552MPa$

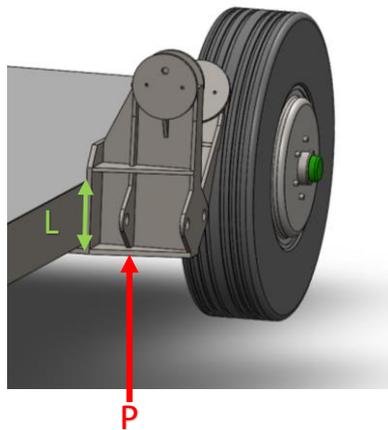
b) Determinación de la resistencia permisible del electrodo

$$\tau_{permisible} = 0.3(500Mpa)$$

$$\tau_{permisible} = 150MPa$$

c) Cálculo del área cortante necesaria en la garganta de soldadura

Análisis en el componente principal de suspensión sometido a carga máxima



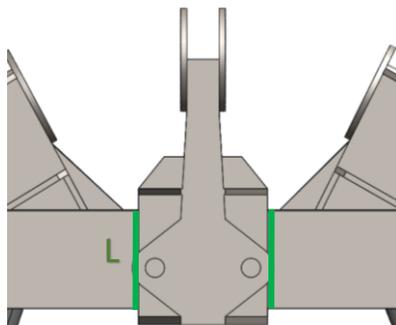
$$P = 61355.23N$$

$$L = 6" = 152.4mm$$

$$\text{Espesor de placa base} = T$$

$$T = 8mm$$

Figura 21.: Fuerza y logitud del cordón de soldadura



$$A_{cortante} = \frac{61355.23N}{150MPa}$$

$$A_{cortante} = 409.03mm^2$$

d) Determinación del tamaño de la garganta

$$t = \frac{409.03mm^2}{2(152.4mm)}$$

$$t = 1.34mm$$

e) Ancho de pierna

Se considera un filete de pierna igual a una junta en T de 90°

$$w = \frac{t}{\cos(45^\circ)} = \frac{1.34mm}{0.7071}$$

$$w = 1.89mm$$

f) Tamaño mínimo de soldadura o garganta

Se verifica el tamaño mínimo recomendado de soldadura según el espesor de la pieza a soldar.

Tamaños mínimos de soldadura en filetes*

Espesor del metal base (T) de la soldadura	
tamaño en pulgadas	
$T \leq 1/4$	1/8
$1/4 < T \leq 1/2$	3/16
$1/2 < T \leq 3/4$	1/4
$3/4 < T$	5/16
tamaños en mm	
$T \leq 6$	3
$6 < T \leq 12$	5
$12 < T \leq 20$	6
$20 < T$	8

Por lo tanto, el ancho mínimo de soldadura será 5mm

$$T = 5mm$$

g) Factor de seguridad del esfuerzo por fluencia en la soldadura

Esfuerzo cortante

$$\tau_{xy} = \frac{P}{Lw} = \frac{61355.23N}{2(101.6mm)5mm} = 60.38Mpa$$

Factor de seguridad

$$N_{fluencia} = \frac{S_{sy}}{\tau_{xy}} = \frac{0.5(250MPa)}{60.38Mpa} = 2.07$$

$$N_{fluencia} = 2.07$$

Se observa que con un material de aporte de alambres soldado ER70S-6 solo es necesario un tamaño de soldadura de 1.34mm, sin embargo, el tamaño mínimo de la soldadura es de 5mm para un metal base de 6.35mm de espesor.

4.6. Diseño del pasador de la suspensión

Se observa que el pasador estará sometido a fuerza cortante doble

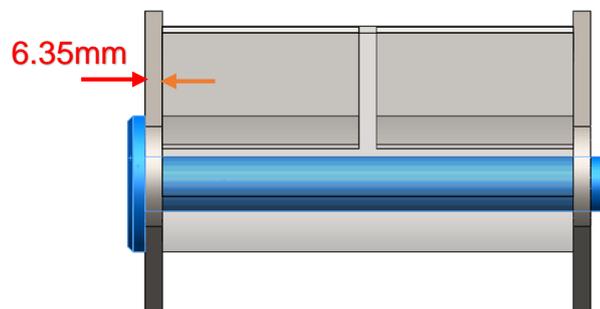


Figura 22: Geometría del pasador

$$\text{Diametro del pasador} = 20mm = d$$

$$\text{Espesor de placa de soporte} = 6.35mm = t$$

$$P = \frac{61355.23N}{2} = 30677.61N$$

$$P = 30677.61N$$

$$ASTM A36 (S_u = 400MPa; S_y = 250MPa)$$

4.6.1. Diseño por cortante doble

a) Esfuerzo cortante promedio

$$\tau_{prom} = \frac{P/2}{2A} = \frac{30677.61N/2}{2(\pi * \frac{20mm^2}{4})} = 24.41MPa$$

b) Factor de seguridad por cortante

$$n = \frac{S_{Su}}{\tau_{prom}} = \frac{0.5(400MPa)}{24.41MPa} = 8$$

4.6.2. Diseño por aplastamiento

a) Esfuerzo de aplastamiento

$$\sigma_b = \frac{P}{2(t * d)} = \frac{30677.61N}{2(6.35mm * 20mm)} = 60.38MPa$$

b) Factor de seguridad por aplastamiento

$$n = \frac{S_y}{\sigma_b} = \frac{250MPa}{60.38MPa} = 4.14$$

Nombre del modelo: PASADOR ENSAMBLE
Nombre de estudio: Análisis estático (Predeterminado)
Tipo de resultado: Resultados de perno y pasador estáticos

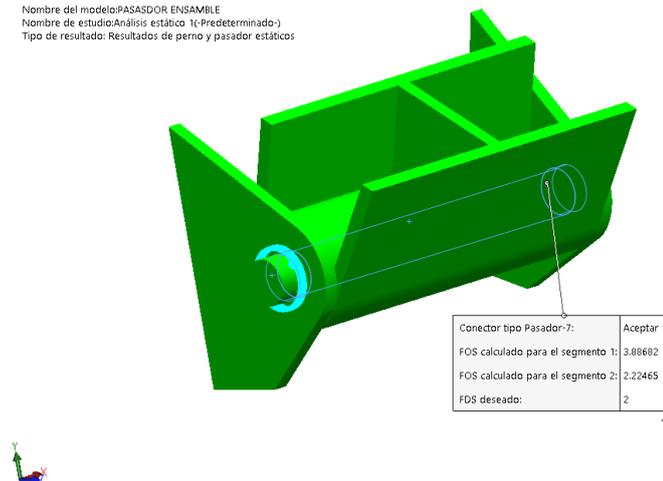


Figura .23: Factor de seguridad del pasador

Por lo tanto, el diámetro del pasador asumido es adecuado para unir las piezas ya que soporta la carga de 30677.61N

4.7. Diseño de Selección de componentes

4.7.1.1. Selección del eje y sistema de freno de las ruedas

Cada eje debe soportar una carga de

$$PE = \frac{6239.43Kg}{4} = 1559.85Kg, \text{ según cálculos previos.}$$

Parte No	La viga del eje (mm)	La capacidad de	Rodamiento	Longitud (L)	PCD(mm)	De freno
LHHB-R390750	39MM redondo	750KGS	LM	Como lo solicitó	Personalizado perforación	9"
LHHB-R40100	40MM	1000KGS	LM	Como lo solicitó	Personalizado perforación	9"
LHHB-R451400	45MM	1400KGS	SL	Como lo solicitó	Personalizado perforación	10"
LHHB-R501600	50MM	1600KGS	Paralelo	Como lo solicitó	Personalizado perforación	10"
LHHB-R502000	50MM	2000KGS	MTCS de 2T	Como lo solicitó	Personalizado perforación	12"
LHHB-R60300	Cuadrada de 60MM	3000KGS	MTCS de 3T	Como lo solicitó	Personalizado perforación	12"
LHHB-R65300	65MM	3000KGS	MTCS de 3T	Como lo solicitó	Personalizado perforación	12"

Tabla 10: Características de ejes con freno de disco

Fuente: LAHOO AUTO PARTS

El modelo del eje con freno seleccionado es el:

LHHB-R502000

LAHCC
AUTOPARTS



Ver ficha técnica en el Anexo VIII

4.7.1.2. Selección del accionamiento de Frenos

Se investigó la disponibilidad de este componente en el mercado local y se determinó que el único proveedor es

ALKO. Por lo cual se utilizó su ficha técnica con sus especificaciones.

Tabla 11: Características de Frenos de Inercia

Enganche de inercia 44 V y 45 ZA con argolla DIN Ø 40				
Remolq-eje central	Remolq. lanza giratoria	Referencia	Tipo	Peso total en kg
X		1 251 725	44 V	2500-4400
X		1 251 724	44 V	2500-4400
	X	1 251 745	45 ZA	3500-4500
X		1 730 502	50 V	4400-5000
	X	1 225 966*	60 ZA	4700-6000

Se selecciona el sistema de frenos de inercia: 1 225 966* 60 ZA

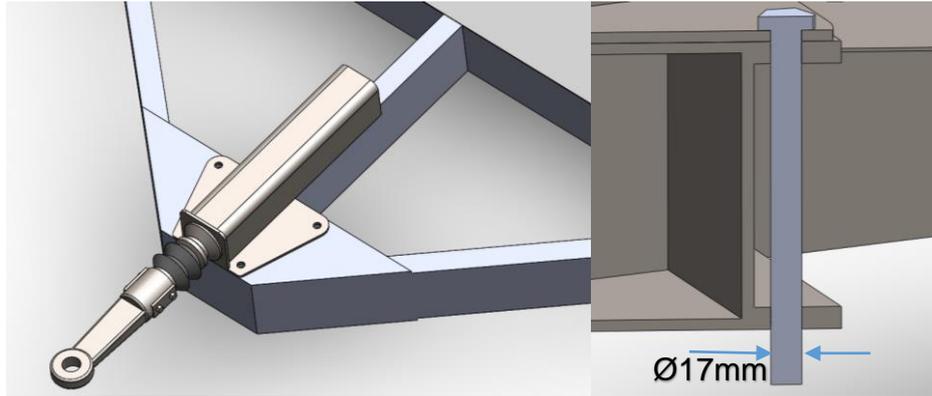


la ficha técnica de este componente se encuentra en el Anexo III

Este componente está diseñado para soportar cargas superiores a 5000Kg que son transmitidos en 4 pernos.

- **Dimensionamiento de los pernos de sujeción**

Se observa que los pernos están sometidos a fuerza cortante doble.



$$\tau_{prom} = \frac{F/2}{2A} \quad (18)$$

$$F_{tot} = 61829.15N$$

$$F_{perno} = 15457.28N$$

$$A = \frac{\pi 0.17mm^2}{4} = 0.023mm^2$$

$$\tau_{prom} = \frac{15457.28N/2}{2 * 0.022mm^2} = 168MPa$$

$$n = 2$$

$$\tau_{prom} \leq \frac{S_{Su}}{n}$$

$$S_{Sy} = 724Mpa \text{ (pernos ASTM A325 diametro de } 1/2'' - 1'')$$

$$168Mpa \leq \frac{0.5(827Mpa)}{2}$$

$$168Mpa \leq 206.75Mpa$$

Por lo tanto, se seleccionan 4 pernos con tuerca de 11/16"x7" de calidad A325 (ver Anexo XVI)

4.7.1.3. Selección de neumáticos

Los neumáticos seleccionados deberán soportar una carga total de $R1 = 61355.23N = 6254.35Kg$, por ello de los fabricantes nacionales se escogió la marca Lima Caucho, por brindar información técnica detallada en sus catálogos.

$$IC = \frac{6254.35Kg}{4}$$

$$IC = 1536.58Kg$$

Medida	Ancho de sección (mm)	Diámetro total (mm)	Profundidad de cocada (mm)	Velocidad máxima (km/h)	Simple		Dual		Tipo	Índice de carga/índice de velocidad	Ancho del aro recomendado (pulgadas)
					Presión (psi)	Carga (kg)	Presión (psi)	Carga (kg)			
7.00-15 8PR	194	763	13	100	62	980	62	932	TL	107/105J	5.5
7.00-15 12PR	194	763	13	100	83	1180	83	1120	TT	114/112J	5.5
7.50-15 14PR	211	780	13	90	94	1450	94	1375	TT	121/119G	6.0
7.50-16 12PR	211	819	13	100	87	1440	87	1370	TT	121/119J	6.0
7.50-16 14PR	211	819	13	90	94	1510	94	1440	TT	122/121G	6.0
8.25-16 14PR	234	854	13	90	83	1710	83	1630	TT	126/125G	6.5
8.25-16 16PR	234	854	13	90	91	1795	91	1710	TT	128/126G	6.5
8.25-16 18PR	234	854	13	90	98	1880	98	1790	TT	130/128G	6.5

Tabla 12: Características de Neumáticos

Fuente: Catalogo LIMA CAUCHO SA

Se selecciona el siguiente neumático:

8.25-16 14PR la cual soporta 1710Kg de carga, la ficha técnica se encuentra en el Anexo V

4.7.2. Selección de fuelles neumáticos

Los fuelles neumáticos seleccionados deberán soportar una carga total de $R1 = 6254.35Kg$

$$Cf = \frac{6254.35Kg}{4}$$

$$Cf = 1536.58Kg$$

$$Cf = 14668N = 14.6KN$$

Se selecciona el siguiente fuelle neumático disponible en el mercado local, la ficha técnica se encuentra en el Anexo IV

Marca: Continental

Modelo: FD200-19CI

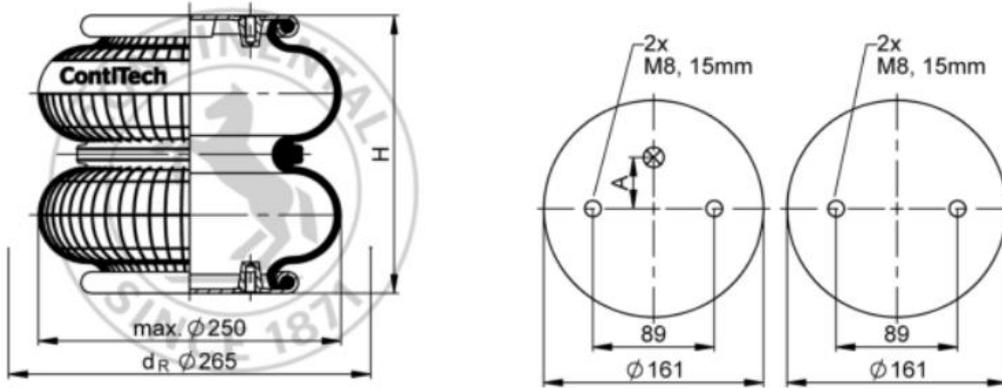


Figura 19: Dimensiones de fuelle neumático FD200-19CI

Fuente: Catalogo CONTINENTAL

▪ Características de trabajo del fuelle seleccionado

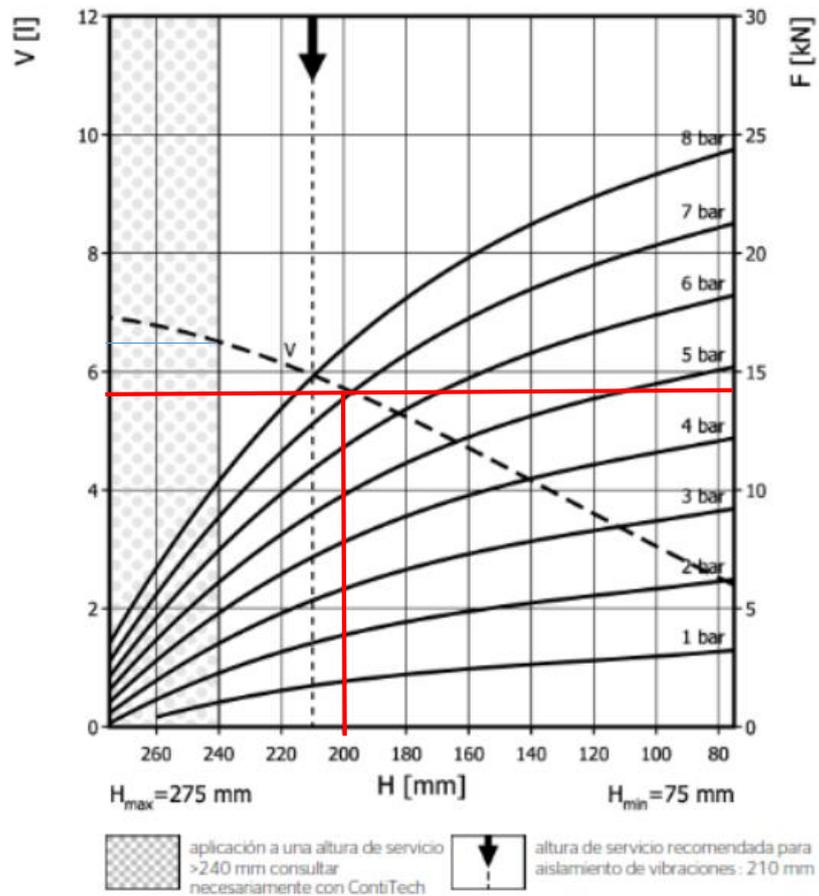


Figura 20: curvas características de fuelle neumático FD200-19CI

Fuente: Catalogo CONTINENTAL

Del gráfico, para una fuerza de 14.6 KN se determinó:

Capacidad = 5.8l

Presión de trabajo = 7bar = 101.52psi

Altura máxima de trabajo = 200mm

Altura mínima de trabajo = 80mm

4.7.3. Selección de componentes del sistema neumático

A) Compresor de aire

Según la presión de trabajo de los fuelles, se determina la presión del sistema de 101.42PSI.

MODELO	CICLO DE TRABAJO	CFM A 0 PSI	AMPERIOS MAX	PRESIÓN DE TRABAJO (PSI)	VOLTIOS	CLASIFICACIÓN DEL IP
90C	9% a 100 PSI	1.03	10	120	12V	IP54
92C	9% a 100 PSI	1.03	10	120	12V	IP54
95C / 12V	9% a 100 PSI	1.03	10	120	12V	IP54
95C / 24V	9% a 100 PSI	1.03	5	120	24 V	IP54
97C / 12V	10% a 100 PSI	1.53	12	130	12V	IP54
97C / 24V	10% a 100 PSI	1.27	7	130	24 V	IP54
98C	10% a 100 PSI	1.53	12	130	12V	IP54
100C	15% a 100 PSI	1.27	14	130	12V	IP54
275C	25% a 100 PSI	2.03	18	150	12V	IP54
280C	30% a 100 PSI	1.59	19	150	12V	IP54
325C / 12V	33% a 100 PSI	1.59	21	150	12V	IP67
325C / 24V	33% a 100 PSI	1.80	13	150	24 V	IP67
350C	100% a 100 PSI	1.52	20	150	12V	IP67
380C	100% a 100 PSI / 55% a 200 PSI	1.58	23	200	12V	IP67
400C	33% a 100 PSI	2.62	28	150	12V	IP67
420C	33% a 100 PSI	2.95	28	150	12V	IP67
425C-Gen.2	33% a 175 PSI	2.40	30	175	12V	IP67
450C	100% a 100 PSI	1.80	23	150	12V	IP67
460C	100% a 100 PSI	1.80	24	150	12V	IP67
480C	100% a 100 PSI / 50% a 200 PSI	1.86	23	200	12V	IP67
485C-Gen.2	100% a 200 PSI	2.24	23	200	12V	IP67

Tabla 13: Características de compresores de aire de 12V

Fuente: VIAIR Compresores modelo "C"

El modelo de compresor seleccionado es el:

485C-Gen 2



Ficha técnica en el Anexo VII

B) Selección del tanque de almacenamiento de aire

De la ecuación N° ...

$$Cc = 5.8l * 4 = 23.2l$$

Artículo	Diámetro	Capacidad	Referencia PE	Referencia Wabco	Referencia Knorr-Bremse	Referencia Haldex	Referencia DT	Referencia Febi
Tanque de acero para aire comprimido con soporte	310 mm	80 l	296.100-80A	.	.	.	5.70076	.
Tanque de acero para aire comprimido	310 mm	40 l	036.368-80A	.	.	.	3.70120	106049
Tanque de acero para aire comprimido	276 mm	30 l	126.247-80A	9500200110	.	.	1.18394	106060
Tanque de acero para aire comprimido	300 mm	36 l	106.514-80A	9500200120	.	.	5.70050	106057
Tanque de acero para aire comprimido	276 mm	40 l	076.453-80A	9507400020	VB3304/276	030351209	5.70061	106054

Tabla 14: Características de Tanques de almacenamiento de aire

Fuente: PE AUTOMOTIVE Tanques para aire comprimido

El modelo de tanque de almacenamiento de aire seleccionado es:

PE 126.247-80A



Ficha técnica en el Anexo IX

C) selección de la batería

según el voltaje y amperaje de funcionamiento del compresor de aire, se necesita una batería con las siguientes características:

- 12V

- 23A

Modelo	Capacidad (Ah)	Reserva de carga (min)	Voltaje (V)
S4 55EH	55	94	12
NZ50ZL	60	100	12
42MP S4 (S4 60D)	62	111	12
NS60L	42	70	12
N40FE S4	43	80	12

Tabla 15: Características de baterías

Fuente: Catalogo BOSCH baterías selladas

La batería seleccionada es el modelo 42MP S4



Ficha técnica en el Anexo X

4.8. Análisis de costos

Con el fin de brindar los costos de inversión al cliente (Metaller SAC), se analizará teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

4.8.1. Costo de Materiales e insumos

Denominación	Cantidad	Costo unitario SOLES	Costo total SOLES
Canal en "U" 6"x2"x8mm	6 UND	250.00	1500.00
Tubo cuadrado 1"x 3mm	7 UND	55.00	385.00
Plancha estriada 1.2mx2.4m x 2mm	5 UND	160.00	800.00
Plancha lisa 1.2mx 2.4m x ¼"	0.5 UND	650.00	325.00
Base anticorrosiva	2 Gal	55.00	110.00
Pintura mono capa	2 Gal	300	600.00
Diluyentes	4 Gal	55.00	110.00
Rollo de 15Kg Soldexa ER70S-6	1UND	100.00	100.00
Argomix	5m ³	55.00	275.00
Discos de corte 4 ½"	20 UND	3.50	70.00
Discos de desbaste 4 ½"	15 UND	4.00	60.00
TOTAL			4335.00

4.8.2. Costo de fabricación del Remolque

Denominación	Cantidad	Costo unitario SOLES	Costo total SOLES
Corte y dobléz de planchas			200.00
Habilitado y soldado de piezas	40 Hrs	15.00	600.00
Pintado de las estructuras	16 Hrs	12.00	192.00
Ensamble de componentes	24 Hrs	15.00	360.00
TOTAL			1352.00

4.8.3. Costo de componentes

Denominación	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Ejes con freno de disco LAHOO LHHB-R50200	4 UND	400.00	1600.00
Accionamiento de freno ALKO 1225 966*60ZA	1 UND	4000.00	4000.00
Aros Fe R16	4 UND	120.00	480.00
Neumáticos 8.25-16 14PR	4UND	200.00	800.00
Fuelles neumáticos CONTINENTAL FD200-19CI	4UND	550.00	2200.00

Compresor de aire VIAIR 485C-Gen2	1 UND	1500.00	1500.00
Tanque de almacenamiento de aire PE AUTOMOTIVE PE 126.247-88a	1 UND	350.00	250.00
Batería BOSCH 42MP S4	1UND	400.00	400.00
Sistema eléctrico y accesorios			500.00
TOTAL			11730.00

4.8.4. Costos extra

Denominación	Cantidad	Costo unitario SOLES	Costo total SOLES
Costos de diseño	24 Hrs	12.50	300.00
Gastos extra			200.00
TOTAL			500.00

El costo de inversión para la fabricación del remolque es de **17917.00 soles**

4.8.5. Costo beneficio

El costo beneficio, se considera asumiendo que, en reemplazo de este remolque diseñado, se vendría utilizando equipos de montaje de cargas y transporte pesado, los cuales se estiman un costo total de 120.00 Soles por traslado, con una frecuencia media de 10 veces al mes, lo que implica un gasto anual de 14400.00 soles, al usar el diseño de remolque propuesto este monto anual se ahorraría.

$$ROI = \frac{\text{Inversion}[\text{SOLES}]}{\text{Beneficio} \left[\frac{\text{SOLES}}{\text{PERIODO DE TIEMPO}} \right]} \quad (\text{Castro Castillo, 2019})$$

$$ROI = \frac{17917 \text{ Soles}}{14400 \text{ Soles/año}} = 1.24 \text{ años} = 15 \text{ meses}$$

Por lo tanto, la empresa recuperaría la inversión en un plazo de 15 meses

V. DISCUSIÓN

Al finalizar la presente investigación se logró cumplir los objetivos trazados de diseñar un remolque innovador según requerimientos de la empresa METALLER SAC.

Basado en la investigación de (Jimenez, 2016) quien selecciono un perfil en "U" 4"x2"x3mm para la estructura del chasis logrando un Factor de seguridad de 1.1, el cual es bajo según recomendación de (Faires, 1995) (Ver Anexo XIII). Se ha conseguido obtener un factor de seguridad recomendado de 1.83 con la selección del perfil para el chasis (Perfil en "U" ASTM A36 6"x2"x8mm), basado en la resistencia de fluencia. Además de un factor de seguridad mínimo global del chasis de 1.9 (Ver anexo II)

El sistema de eje con frenos se seleccionó debida a su versatilidad de la marca LAHOO modelo LHHB-R50-2000, el cual soporta una carga de 2000Kg, siendo la necesaria para el remolque 1559.85Kg.

Para el sistema de accionamiento de frenos se seleccionó el modelo 60ZA de la marca ALKO, el cual cumple con los requerimientos solicitados, ya que en la ficha técnica se muestra la capacidad de carga a remolcar de 4700Kg-6000Kg, además de estar disponible en el mercado local. Para su fijación con el chasis del remolque se seleccionó 4 pernos de 11/16 pulgadas X 7pulgadas con tuerca los cuales tienen una resistencia al corte de 70MPa, siendo la resistencia cortante necesaria de 1.05MPa.

Para la unión con soldadura de las piezas del remolque, se determinó un ancho de pierna de 5mm el cual nos brinda un factor de seguridad de 2.07

La selección del sistema neumático se determinó teniendo en cuenta la venta en el mercado nacional y la facilidad de importación por proveedor de ser necesario, tal es así que se seleccionó unos fuelles neumáticos de la marca CONTINENTAL modelo FD200-19C01, cuya presión de trabajo es de 7bar,

altura de trabajo de 80mm a 200mm y capacidad de 5.8litros; además de un compresor de la marca VIAIR modelo 4856_Gen2 con presión de trabajo de 200PSI; un tanque de almacenamiento de aire con capacidad de almacenamiento de 30 litros y presión de trabajo de 14.5bar.

VI. CONCLUSIONES

- Se logró identificar los requerimientos de la empresa METALLER SAC con respecto a las exigencias que debería tener el diseño elaborado, siendo las más importantes; la seguridad del montaje y traslado de cargas con un peso de 25%, además del diseño innovador con un 20%.
- Se evaluaron 5 propuestas o alternativas de solución considerando 6 criterios, siendo el de mayor importancia con 25% la seguridad del montaje y traslado de cargas.
- Se seleccionó la propuesta de solución N° 3 que alcanzó un valor técnico de 0.725

Se desarrolló la ingeniería de detalle de la propuesta de solución, obteniéndose las siguientes dimensiones y características; 6.27m de largo, 0.86m de alto y 2.76 de ancho, con un área de carga de 2m x 5m, para mayor detalle ver Anexo XV. El sistema de eje con frenos de LAHOO modelo LHHB-R50-2000, el cual soporta una carga de 2000Kg; un sistema de accionamiento de frenos 60ZA de la marca ALKO con capacidad de carga a remolcar de 4700Kg-6000Kg; se seleccionó 4 pernos de 11/16 pulgadas x 7pulgadas; se determinó un ancho de pierna de soldadura de 5mm. Un sistema neumático cuyos componentes seleccionados son: unos fuelles neumáticos de CONTINENTAL modelo FD200-19C0I, cuya presión de

trabajo es de 7bar, altura de trabajo de 80mm a 200mm y capacidad de 5.8litros; además de un compresor de la marca VIAIR modelo 4856_Gen2 con presión de trabajo de 200PSI; un tanque de almacenamiento de aire con capacidad de almacenamiento de 30 litros y presión de trabajo de 14.5bar.

- Al analizar y simular bajo carga estática se determinó el factor de seguridad de 1.83 para el perfil seleccionado (Perfil en “U” ASTM A36 6”x2”x8mm), un factor de seguridad global de 1.9 para el chasis y un desplazamiento máximo de 3mm en la zona de rampa (ver Anexo III), además de un factor de seguridad mínimo de 5 con un desplazamiento de 0.55mm para la base de suspensión. Al lograr factores de seguridad dentro de los rangos recomendados, se garantiza la elección óptima de materiales con el fin de mantener el peso ideal. Al integrar suspensión neumática se reduce las cargas de impacto en un 20% (Garnica Anguas, Mecanica de Materiales para Pavimentos, 2002)
- Se analizó económicamente al diseño seleccionado obteniendo un costo de inversión de 17917.00 soles, además de un beneficio económico al usar el remolque para el traslado de cargas de 14400.00 soles, obteniendo un Retorno de la inversión en 15 meses.

VII. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una evaluación del impacto económico de la implementación de suspensión neumática en remolques de categoría O3. Con el fin de realizar una comparación con los gastos de mantenimiento de la suspensión y cambio de neumáticos y analizar la tasa de retorno de la inversión.
- Además, se recomienda realizar un análisis de la lanza y accionamiento de frenos, con el fin de obtener nuevas propuestas y/o diseños y así reducir los costos de componente, pues el costo de componentes asciende a 11730.00 soles.
- Se recomienda un análisis económico más profundo para corroborar los aspectos estimados asumidos y así lograr un rendimiento mayor al calculado.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Budynas, R. G. (2012). *Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley*. Mexico: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Calle Carmona, J. C. (2002). Índice de Seguridad Vial. *REVISTA Universidad EAFIT No. 127*, 81.
- Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de Calor y Masa*. Mexico: McGraw Hill Interamericana Editores SA.
- Faires, V. M. (1995). *Diseño de elementos de Elementos de Máquinas*. Mexico : Limusa.
- Godoy Martos, J. Á. (2016). *Diseño, cálculo y Dimensionamiento de una Plataforma de Carga de vehículos de 17 T*. España.
- Gonzales Lechuga, R. C. (2008). *Diseño y Fabricación de un Remolque de 10 Toneladas*. Mexico.
- Guevara Chinchayan, R. (s.f.). <http://biblioteca.uns.edu.pe>. Recuperado el 13 de Mayo de 2016, de http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/equipos_termicos.pdf
- Hibbeler, R. C. (2011). *Mecánica de Materiales*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.
- Jimenez, A. p. (2016). *Diseño y Construcción de un Semiremolque con capacidad para dos Toneladas*. Quito.
- Mechanical Elements. (2019). *Trailer Build: Where Does The Axle Go?* Obtenido de <https://mechanicalelements.com/trailer-axle-position/>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Máquinas*. MEXICO: PEARSON EDUCACION.
- Narvaez Zurita, D. (2015). *DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPOPLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE*. LATACUNGA.
- Norton, R. L. (2011). *Diseño de Maquinas*. Mexico: Pearson Educacion .
- Pacheco Alarcón, M. (2019). *Resistencia Materiales*. Chile. Obtenido de <https://mecanica-Protexam.com>. (27 de 06 de 2016). <https://protexam.wordpress.com/sensor-de-temperatura/>.

Tolentino Vejarano, L. (2014). *Estudio tecnico, economico y financiero para la conversion de una central termicacon grupo electrogenoen una central cogeneradora de energia electricxa a vapór en ciclo hirn en la empresa pesquera ribaudo sa.* Trujillo.

Ugaz Uriarte, E. (2010). *Diseño de travesaños ubicados en la zona de la suspension de un semiremolque tipo plataforma de 3 ejes de la empresa comercial Lucy SRL.*

IX. ANEXOS

ANEXO I

Requisitos para remolques según reglamento del MTC

(Reglamento Nacional de Vehículos, Decreto Supremo N° 058-2003-MTC)

Categoría de remolques

Categoría O: Remolques (incluidos semiremolques).

- O₁** : Remolques de peso bruto vehicular de 0,75 toneladas o menos.
- O₂** : Remolques de peso bruto vehicular de más 0,75 toneladas hasta 3,5 toneladas.
- O₃** : Remolques de peso bruto vehicular de más de 3,5 toneladas hasta 10 toneladas.
- O₄** : Remolques de peso bruto vehicular de más de 10 toneladas.

Figura 2: Categoría para remolques

Pesos por eje

Los pesos máximos permitidos por el MTC

Conjunto de eje(s)	Nomenclatura	Simbología	Nº de Neumáticos	GRAFICO	Peso máximo por eje(s) (t)
Simple	1RS		02		7
Simple	1RD		04		11
Doble	1RS+1RD		06		16
Doble	2RS		04		12
Doble	2RD		08		18
Triple	3RS		06		16
Triple	1RS+2RD		10		23
Triple	3RD		12		25
Doble Separado	1RD+1RD		08		11+11

Nota:
RS : Rodada simple RD : Rodada doble

Figura 3: Pesos permitidos por eje según el MTC

Dispositivos anti empotramiento

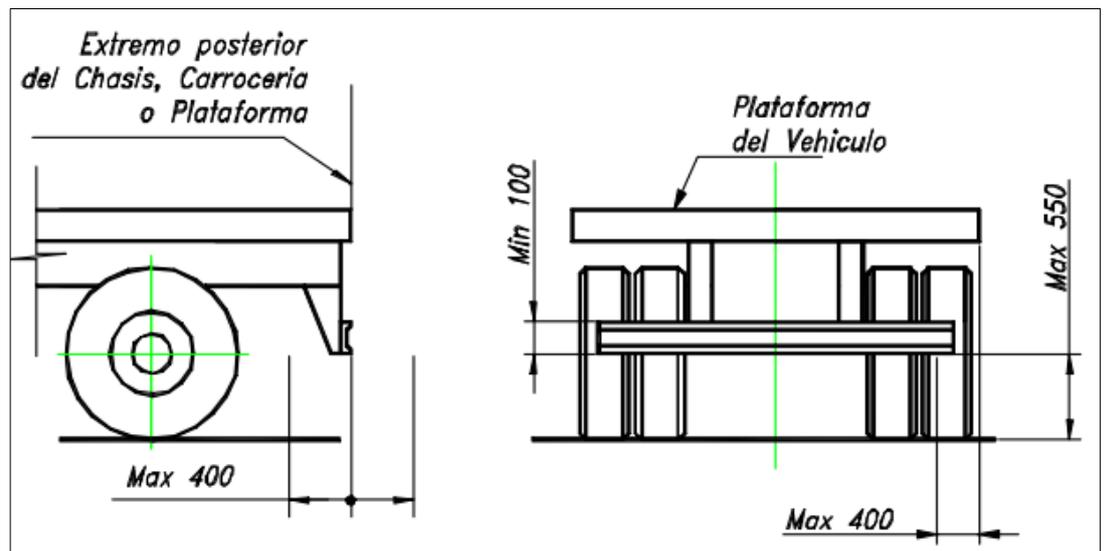


Figura 4: Dispositivos anti empotramiento

Medidas vehiculares

- **Ancho máximo**

Ancho máximo (sin espejos) para todo vehículo (incluida la mercancía transportada) es de 2.6m.

- **Largo máximo**

- ✓ Remolque (no incluye la punta lanza), 10m
- ✓ Remolque balanceado (no incluye la punta lanza), 8.5m
- ✓ Semirremolque, 14.68m

Alumbrado y señalización óptica

Según la categoría de vehículo, los requisitos para remolques se muestran en la tabla siguiente:

Categoría O:					
TIPO DE LUZ	CATEGORIA O				POTENCIA MINIMA (W) ⁽⁵⁾
	Cantidad	Color	Ubicación	Obligatoriedad	
Luz de retroceso	1 ó 2	Blanco	Posterior	Obligatorio ⁽²⁾	21
Luz direccional lateral	2 ⁽¹⁾ mínimo	Amarillo o Naranja	Lateral	Opcional	5
Luz direccional posterior	2 ⁽¹⁾ mínimo	Amarillo, Naranja o Rojo	Posterior cerca de los extremos	Obligatorio	21
Señal de emergencia	igual a las direccionales	Igual a las direccionales	igual a las direccionales	Obligatorio	21
Luz de freno	2 ⁽¹⁾ mínimo	Rojo	Posterior	Obligatorio	21
Luz de posición delantera	2 ⁽¹⁾ mínimo	Blanco, Amarillo o Naranja	Delantera cerca de los extremos	Opcional	5
Luz de posición posterior	2 ⁽¹⁾ mínimo	Rojo	Posterior cerca de los extremos	Obligatorio	5
Luz de posición lateral	4 mínimo (2 por lado)	Amarillo o Naranja Delantera, Amarillo, Naranja o Rojo posterior	Laterales, uniformemente distribuidas	Obligatorio ⁽³⁾	5
Luz posterior de placa	1 ó 2	Blanco	Que ilumine la placa	Obligatorio	5
Luz neblinera posterior	1 ó 2	Rojo	Posterior	Opcional	21
Luz perimétrica	4 mínimo	Blanco o amarillo delantera, Rojo posterior	2 delanteras y 2 posteriores, lo más alto que permita el vehículo	Obligatorio ⁽⁴⁾	5
Reflectores posteriores	2 ⁽¹⁾ mínimo	Rojo	Posterior	Obligatorio	---
Reflectores laterales	2 ⁽¹⁾ mínimo	Amarilla o Naranja	En el lateral, uniformemente distribuidas	Opcional	---
Reflectores delanteros	2	Blanco	Delanteros	Opcional ⁽⁶⁾	---

(1). Sólo en números pares.
(2). Debe ser accionado por la palanca de cambios en posición de marcha atrás.
(3). Únicamente para vehículos cuya longitud supera los 3m. Por cada 3m adicionales debe colocarse una luz adicional por lado, pueden ser dispositivos combinados o agrupados.
(4). Es obligatorio en vehículos de más de 2,10 m de ancho y/o 3m de alto.
(5). Exigible en defecto de indicación expresa del fabricante.
(6). Es obligatorio para los vehículos de las categorías O₃ y O₄.

Figura 5: Señalización óptica en remolques

Sistema de frenos

Según reglamento se presentan en la siguiente tabla:

Catego- ría	Servicio ⁽⁴⁾	Estaciona- miento	Emergen- cia	Auxiliar ⁽¹⁾	Automático en caso de falla	Activador de Freno de Remolque
O ₁	Opcional	Opcional	No aplica	No aplica	No aplica	Opcional ⁽³⁾
O ₂	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	No aplica	Obligatorio	Obligatorio ⁽³⁾
O ₃	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	No aplica	Obligatorio	Obligatorio ⁽³⁾
O ₄	Obligatorio	Obligatorio	Obligatorio	No aplica	Obligatorio	No aplica

(1). Los frenos auxiliares pueden ser: freno de escape, motor o retardador

(2). Únicamente para los vehículos acondicionados para halar remolques o semirremolques con sistema de frenos neumáticos.

(3). Siempre que no cuente con sistema de frenos neumático.

(4). Debe actuar en cada uno de los extremos de los ejes .

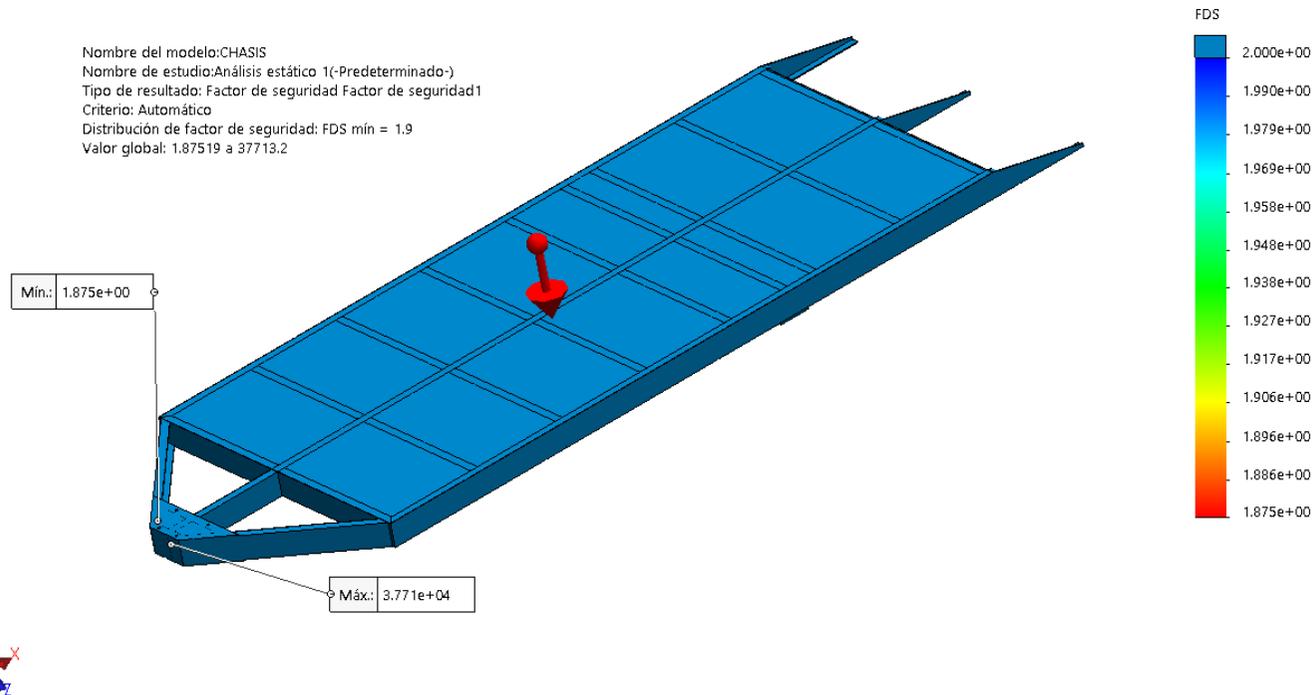
Figura 6: Tipo de frenos según categoría

ANEXO II

Análisis estático del chasis del Remolque

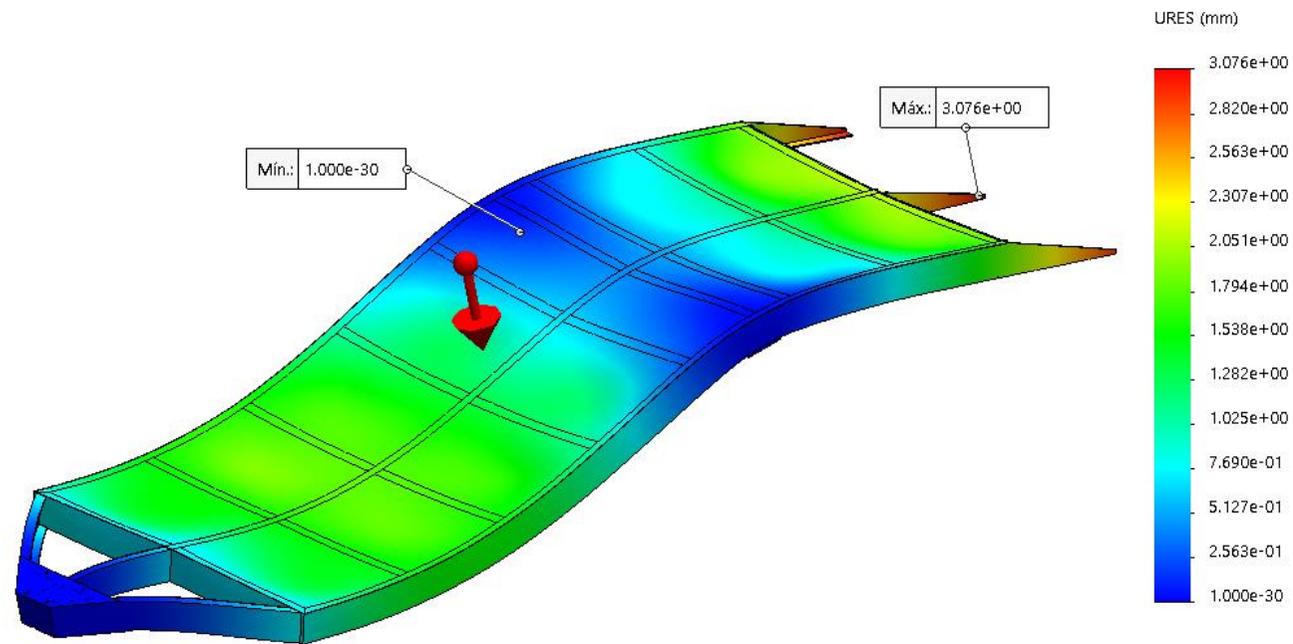
Análisis del Factor de seguridad global del chasis del Remolque

Nombre del modelo: CHASIS
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 1.9
Valor global: 1.87519 a 37713.2



Factor de seguridad mínimo = 1.9

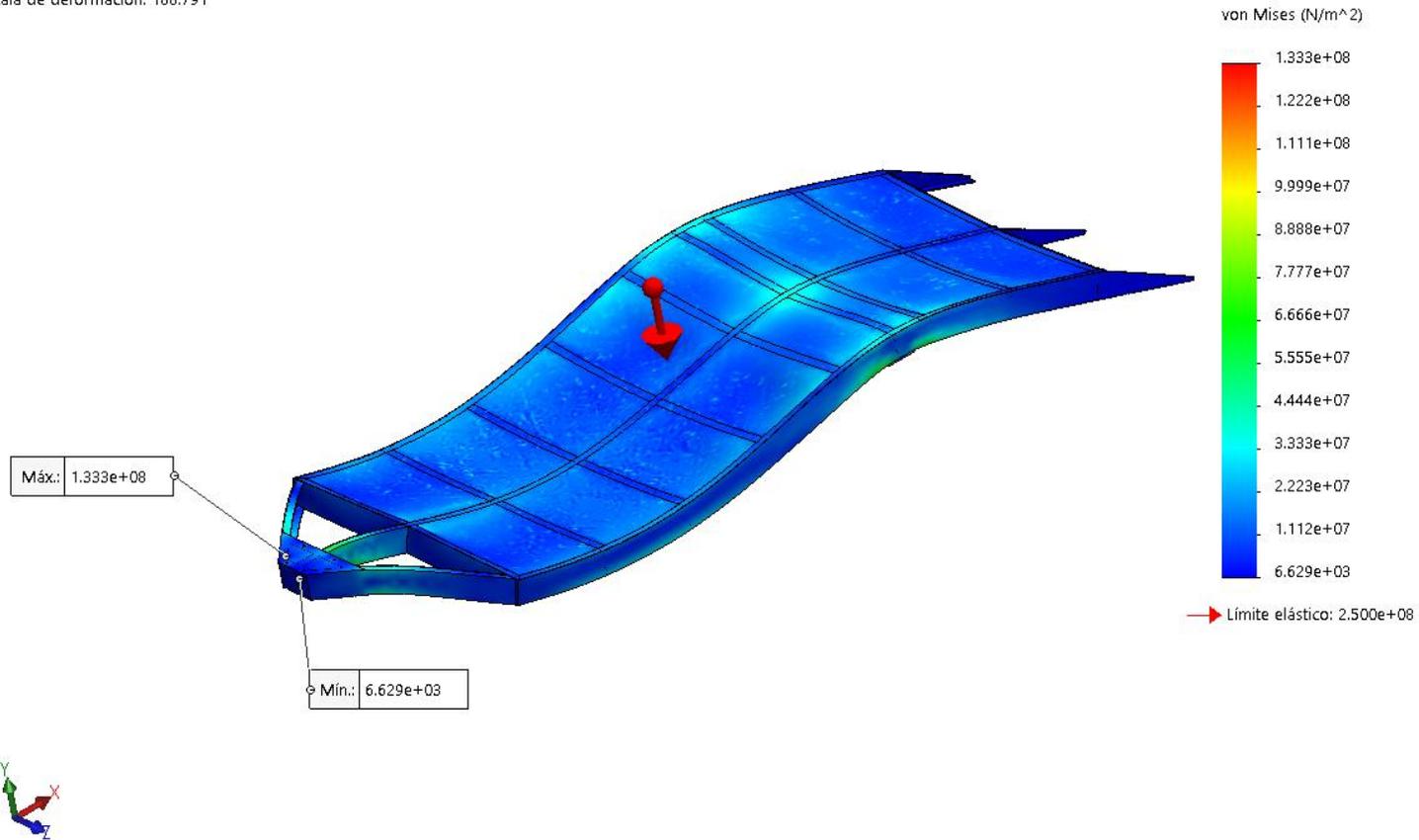
Análisis de desplazamientos del chasis del Remolque



Desplazamiento o deformacion maximo = 3mm

Análisis de Tensión de Von Mises

Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 188.791

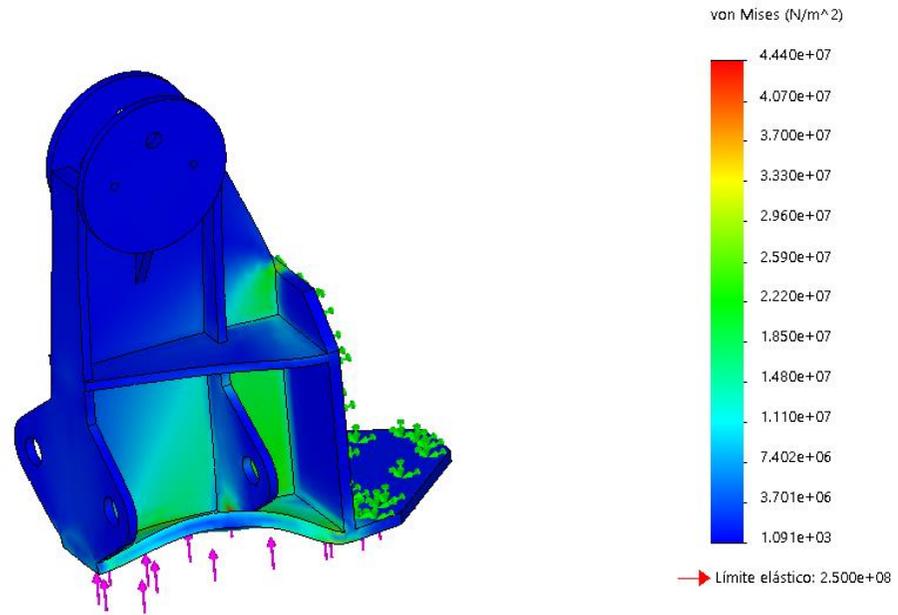


Tension de Von Mises < Limite elastico

ANEXO III

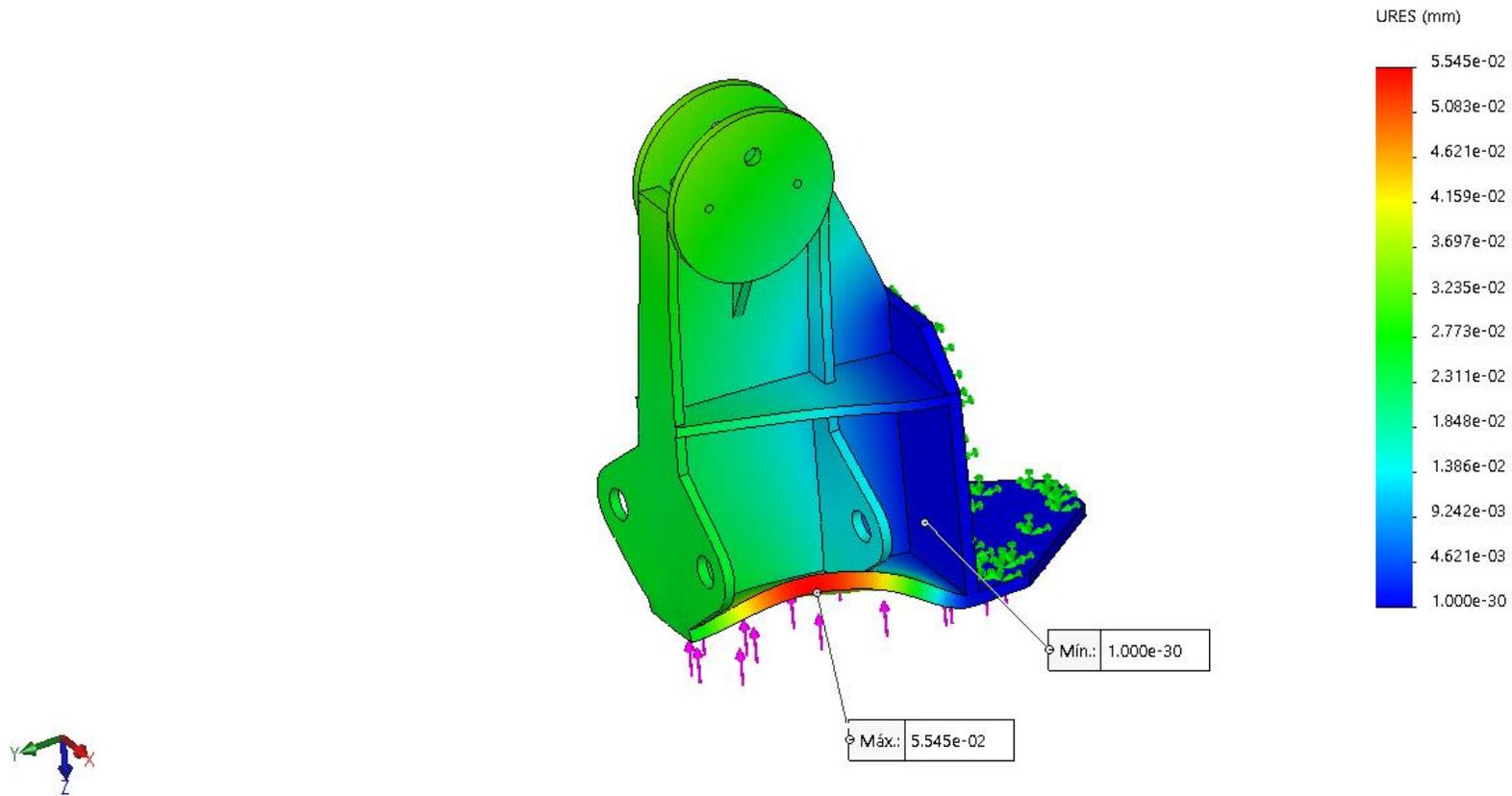
Análisis de la base de suspensión

Análisis de Tensión de von Mises



Tension de Von Mises < Limite elastico

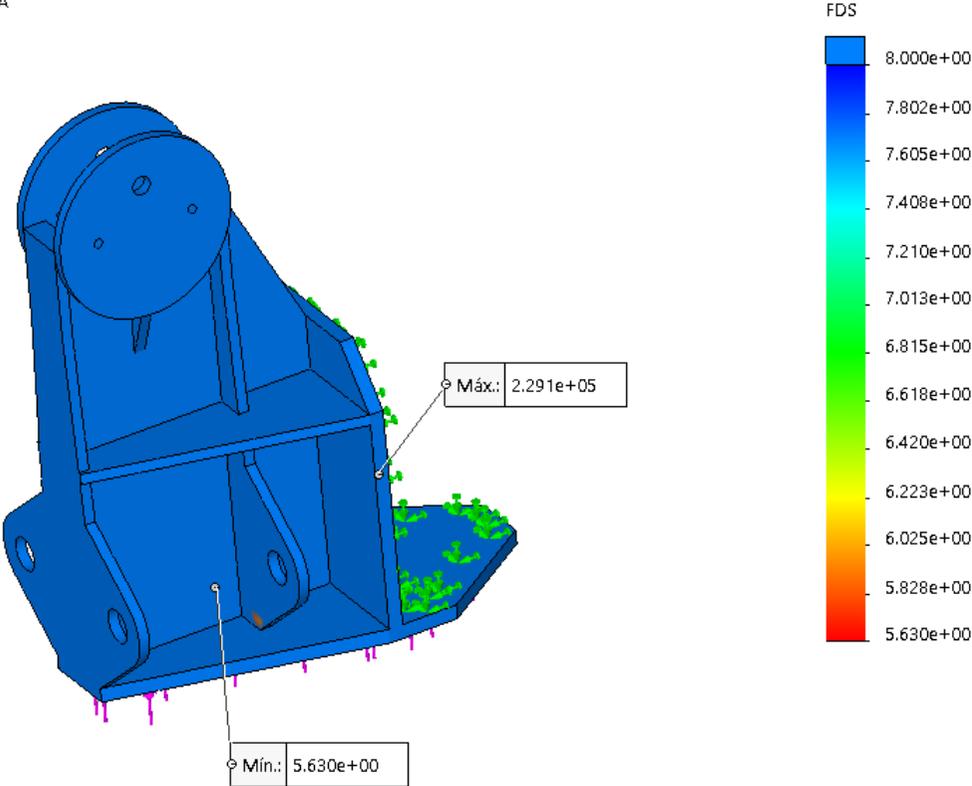
Análisis de desplazamientos



Desplazamiento o deformacion maximo = 0.055mm

Análisis del Factor de Seguridad

Nombre del modelo: BASE DE SUSPENSION ANALISIS DE SOLDADURA
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 5.6



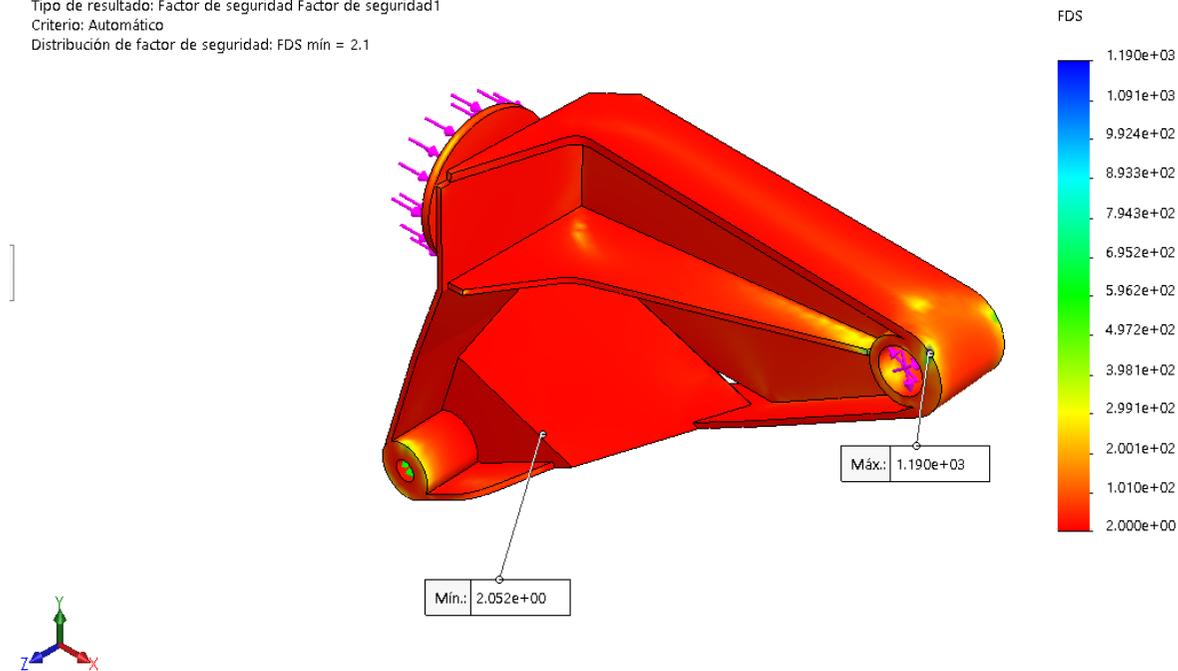
Factor de Seguridad Minimo = 5

ANEXO IV

Análisis estático del pasador de brazo de la suspensión

Análisis del Factor de Seguridad

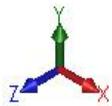
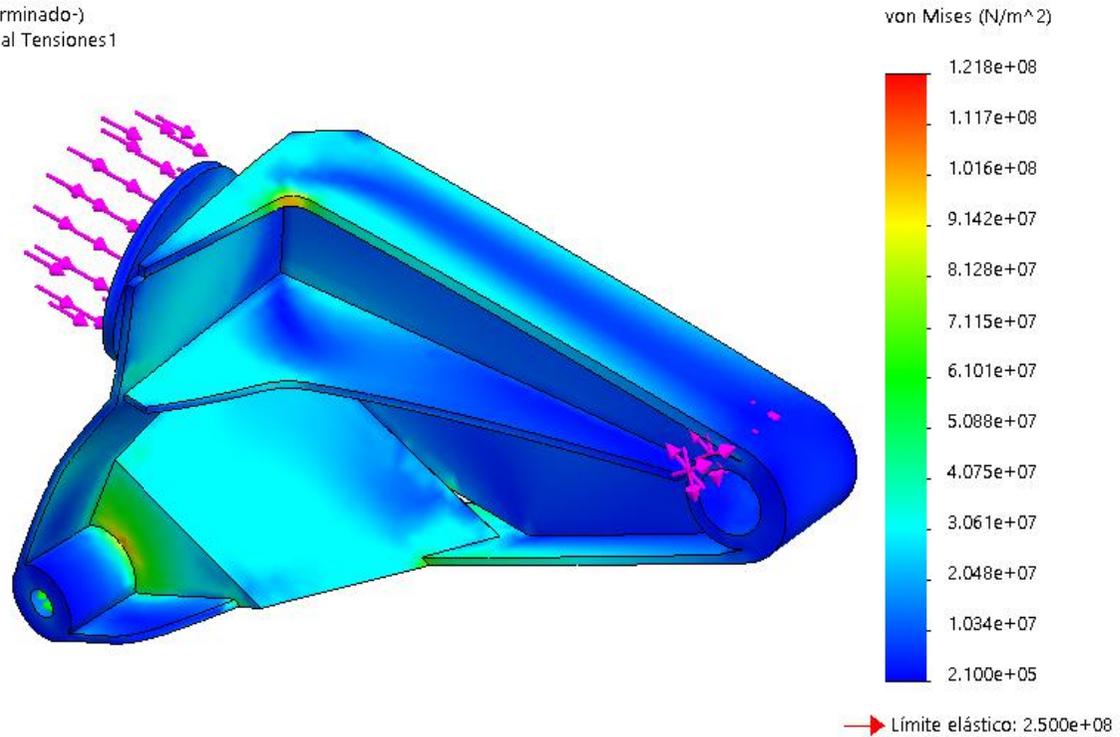
Nombre del modelo: ARTICULACION D
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1
Criterio: Automático
Distribución de factor de seguridad: FDS mín = 2.1



Factor de Seguridad Minimo = 2.1

Análisis de Tensión de von Mises

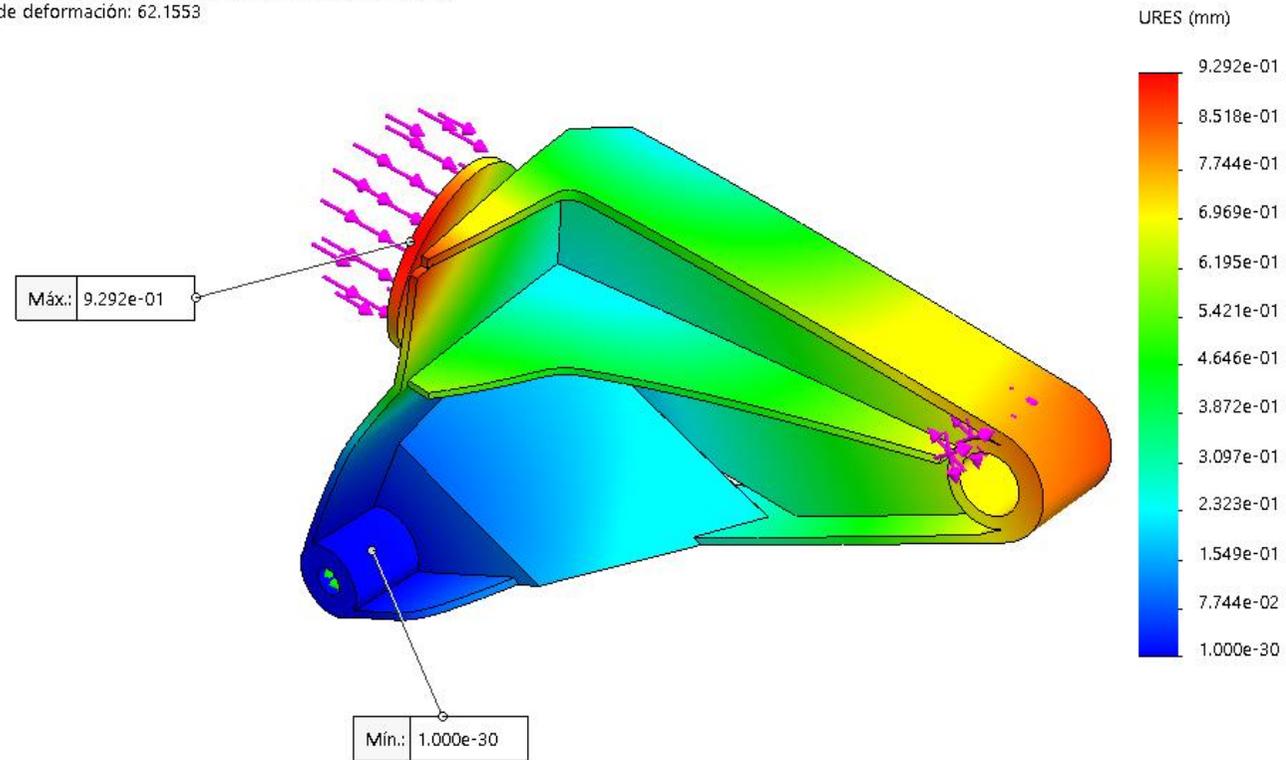
Nombre del modelo: ARTICULACION D
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 62.1553



Tension de Von Mises < Limite elastico

Análisis de desplazamientos

Nombre del modelo: ARTICULACION D
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 62.1553



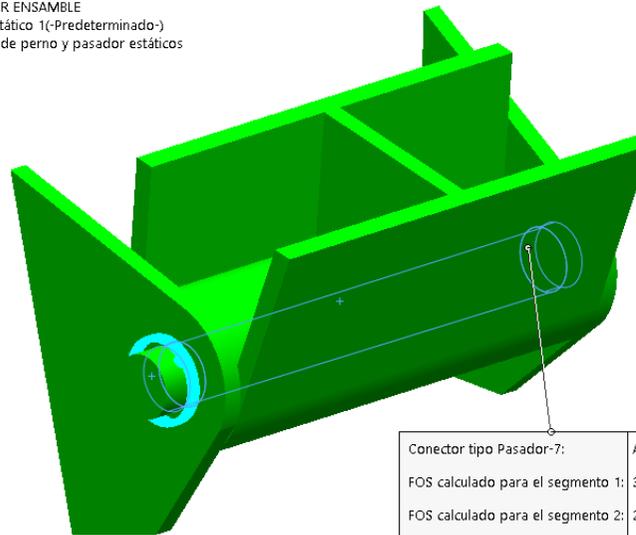
Desplazamiento o deformacion maximo = 0.09mm

ANEXO IV

Análisis estático del pasador de la suspensión

Análisis del Factor de Seguridad

Nombre del modelo: PASADOR ENSAMBLE
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Resultados de perno y pasador estáticos

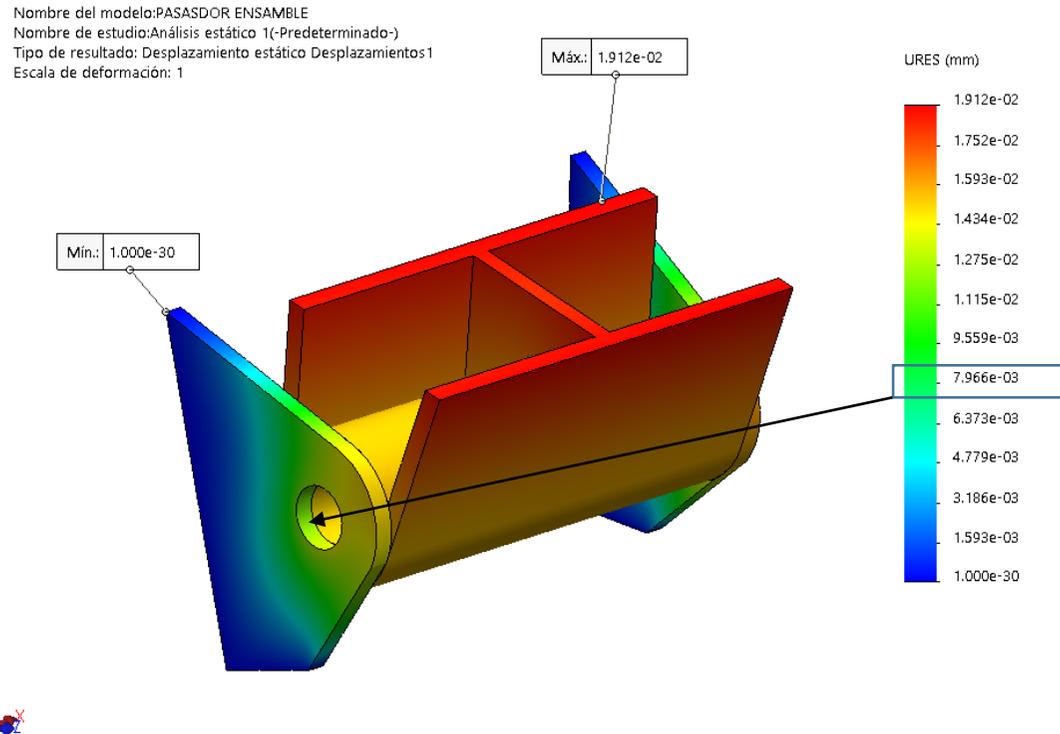


Conector tipo Pasador-7:	Aceptar
FOS calculado para el segmento 1:	3.88682
FOS calculado para el segmento 2:	2.22465
FDS deseado:	2



Factor de Seguridad del pasador = 3.8

Análisis de desplazamientos



Desplazamiento maxima = 0.019mm

Desplazamiento por aplastamiento = 0.0079mm

Esfuerzos y momentos en el pasador

Nombre de estudio: Análisis estático 1

Conector: Todos los conectores Unidades: SI

Tipo de conector: Conector

Tipo	Componente X	Componente Y	Componente Z	Resultante	Conector
Fuerza cortante (N)	0	5815.6	4591.6	7409.8	Conector tipo Pasador-7 Segmento 1
Fuerza axial (N)	1684.2	0	0	1684.2	Conector tipo Pasador-7 Segmento 1
Momento flector (N.m)	0	10.382	-10.965	15.1	Conector tipo Pasador-7 Segmento 1
Torsión (N.m)	7.8456e-13	0	0	7.8456e-13	Conector tipo Pasador-7 Segmento 1
Fuerza cortante (N)	0	6507.9	5138.2	8291.8	Conector tipo Pasador-7 Segmento 2
Fuerza axial (N)	2041.6	0	0	2041.6	Conector tipo Pasador-7 Segmento 2
Momento flector (N.m)	0	39.836	-42.073	57.94	Conector tipo Pasador-7 Segmento 2
Torsión (N.m)	7.8037e-13	0	0	7.8037e-13	Conector tipo Pasador-7 Segmento 2

Cerrar Guardar Ayuda

Esfuerzo cortante máximo = 8281.8N

Momento floector máximo = 57.94N.m

Cálculos obtenidos de la simulación CAE (SOLIDWORKS SIMULATION)

ANEXO IV

Ficha técnica de Freno de Inercia o Enganche de Inercia de la marca ALKO (Catalogo Especial Guía Técnica para el carrocer)

Programa

Enganche de inercia 50 V y 60 ZA con argolla DIN Ø 40													
Remolq. eje central	Remolq. lanza giratoria	Referencia	Tipo	Peso total en kg	Carga-bola en kg	Montaje	Palanca Inversión universal	Compatible con frenos AL-KO	Argolla DIN				
X		1 730 502	50 V	4400-5000	300	superior	no	2361 / 3062 / 3081	Ø 40	38	-	10	35
	X	1 225 966*	60 ZA	4700-6000	-	superior	no	2361 / 3062 / 3081	Ø 40	38	-	10	35

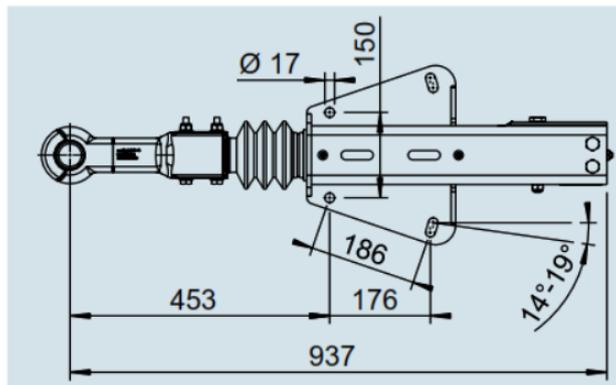
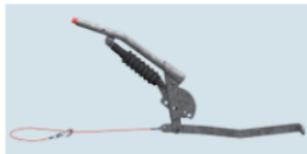
*suministrable a partir de 2016

Composición de entrega

- I Enganche de inercia (v.fig.)
- I Portaenchufes (suelto)
- I Manual de instrucciones (suelto)
- I Palanca freno de mano (suelta)

Nº homologación CE/ECE

con pruebas de ensayo internas



Enganches de Inercia



ANEXO V

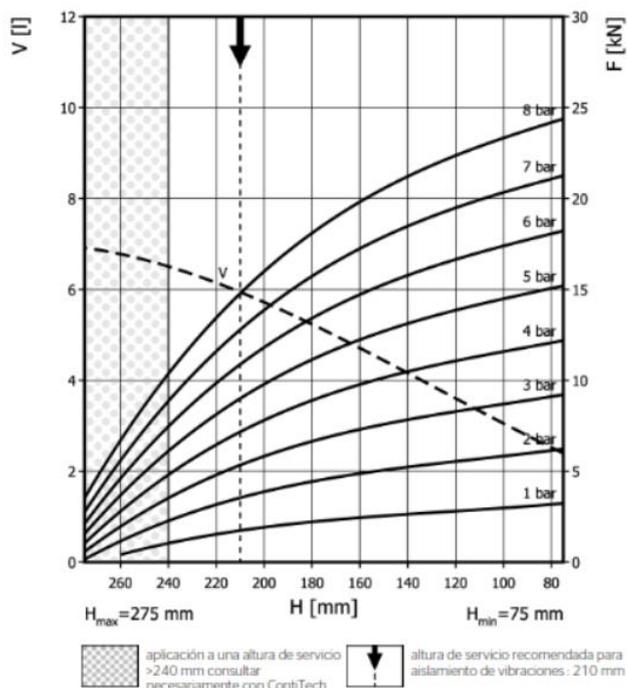
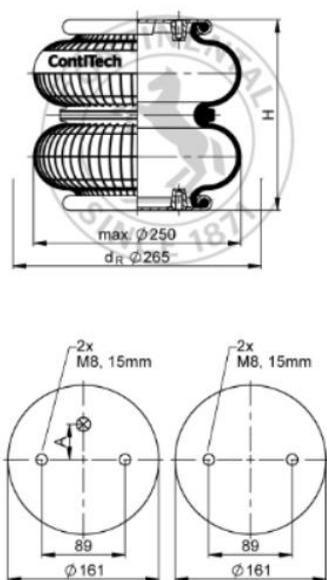
Ficha técnica de Fuelle Neumático de la marca CONTINENTAL



ContiTech

FD 200-19 CI

Fuelle con dos ondas



Datos de orden de compra | Datos técnicos

Tipo	Nro. pedido
solo fuelle	60508
con placas rebordeadas, G1/4 Conexión de aire A = 44,5 mm central exterior	60336
con placas rebordeadas, G3/4 Conexión de aire A = 38,1 mm central exterior	2682045000

Tipos adicionales bajo pedido

Presión mín.	0 bar
Regresar fuerza a altura mín.	≤ 200 N
Peso general	3 kg

Aislamiento de vibración - valores característicos estáticos

Altura de diseño H: recomendada 210mm, mínima 195mm

Presión p [bar]	3	4	5	6	7	8	Vol. V [l]
Fuerza (Carga) [kN]	5,3	7,1	8,9	10,7	12,6	14,4	5,9
Capacidad del fuelle [N/mm]	89	114	139	164	188	212	
Frecuencia propia [Hz]	2,1	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	

Aplicación neumática - valores característicos estáticos

Fuerza F [kN]

Presión p [bar]	3	4	5	6	7	8	Vol. V [l]
Altura H [mm]	230	4,21	5,7	7,2	8,73	10,3	6,4
	200	5,8	7,78	9,74	11,7	13,8	5,7
	170	6,96	9,3	11,7	14,1	16,5	5
	140	7,86	10,5	13,2	15,8	18,5	4,1
	110	8,52	11,4	14,2	17,1	19,9	3,4
	80	9,07	12	15	18	21	2,5



Instrucciones de servicio

M8: max. 25 Nm

G1/4: max. 25 Nm

G3/4: max. 50 Nm

Procedimiento de medición: Temperatura de habitación / Fuerza-altura-datos cuasiestáticos / Datos dinámicos a 1 Hz

ANEXO VI

Ficha técnica de Neumático de la marca LIMA CAUCHO SA



Llanta de diseño mixto ideal para trabajos duros en rutas de costa, sierra y selva.
Reconocida por su facilidad de manejo.



BENEFICIOS

- Versatilidad por su uso en toda posición.
- Buena adherencia en carretera y facilidad de manejo.
- Adecuada tracción.
- Mayor duración por su resistencia a los impactos y cortes.



Neumático Convencional para camioneta	Medida	Ancho de sección (mm)	Diámetro total (mm)	Profundidad de cocada (mm)	Velocidad máxima (km/h)	Simple		Dual		Tipo	Índice de carga/índice de velocidad	Ancho del aro recomendado (pulgadas)
						Presión (psi)	Carga (kg)	Presión (psi)	Carga (kg)			
	7.00-15 8PR	194	763	13	100	62	980	62	932	TL	107/105J	5.5
	7.00-15 12PR	194	763	13	100	83	1180	83	1120	TT	114/112J	5.5
	7.50-15 14PR	211	780	13	90	94	1450	94	1375	TT	121/119G	6.0
	7.50-16 12PR	211	819	13	100	87	1440	87	1370	TT	121/119J	6.0
	7.50-16 14PR	211	819	13	90	94	1510	94	1440	TT	122/121G	6.0
	8.25-16 14PR	234	854	13	90	83	1710	83	1630	TT	126/125G	6.5
	8.25-16 16PR	234	854	13	90	91	1795	91	1710	TT	128/126G	6.5
	8.25-16 18PR	234	854	13	90	98	1880	98	1790	TT	130/128G	6.5

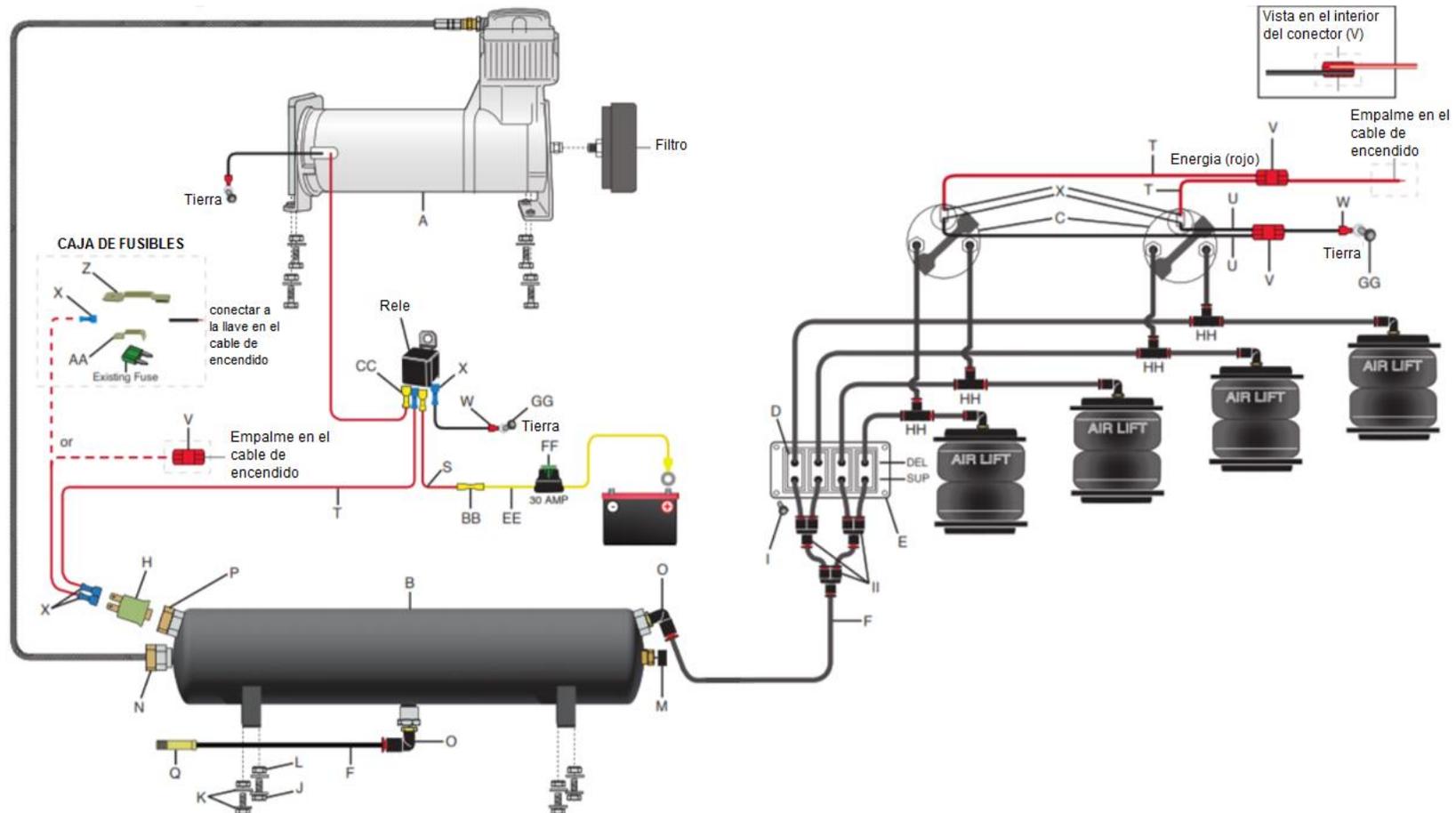


Lima Caucho
Llantas

ANEXO VII

A) Esquema de Instalación de Suspensión Neumática Operada Manualmente

AIRLIFT PERFORMANCE (Kit 27666)



LISTA DE COMPONENTES

Ítem	Descripción	Cantidad	Ítem	Descripción	Cantidad
A	Compresor	1	S	Cable rojo (10)	–
B	Tanque de almacenamiento de aire comprimido	1	T	Cable rojo (16)	–
C	Manómetro de medida doble	2	U	Cable blanco (16)	–
D	válvulas	4	V	Empalme rápido	3
E	Soporte de montaje de válvulas	1	W	Terminal de anillo (18)	2
F	Línea de aire (1/4")	–	X	Terminal de pala (hembra) azul	9
G	Cortador de línea de aire	1	Y	Terminal de anillo 3/8"	1
H	Interruptor de presión (145- 175 PSI)	1	Z	Llave de fusible	1
I	Pernos de anclaje (soporte de válvulas)	4	AA	Adaptador de fusible	1
J	Pernos (anclaje de tanque de almacenamiento de aire)	4	BB	Conector extremo amarillo	1
K	Arandelas (anclaje de tanque de almacenamiento de aire)	4	CC	Terminal de pala (hembra) amarillo	2
L	Tuercas (anclaje de tanque de almacenamiento de aire)	4	DD	1/4" x 1" Autoroscante	1
M	Tapón	1	EE	Porta fusibles	1
N	Niple adaptador 1/4" x 3/8"	1	FF	Fusible de pala 30A	1
O	Codo 1/4"	2	GG	1/4" x 1/2" Autoroscante	2

P	Niple adaptador 1/8" x 1/4"	1	HH	Unión Tee 1/4"	4
Q	Válvula de inflado	1	II	Unión "Y" 1/4"	3
R	Relé 30/50A	1			

ANEXO VIII

Compresor seleccionado

A) Ficha Técnica VIAIR 485 C-Gen 2



485C AIR COMPRESSOR KIT
PART NO. 48500

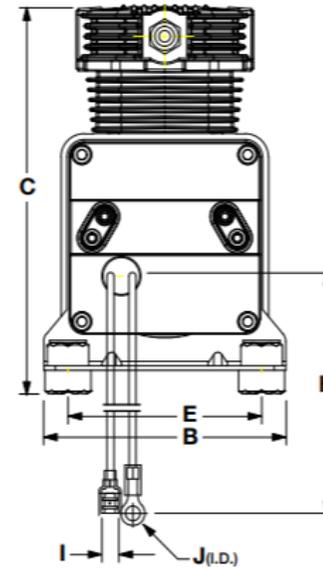
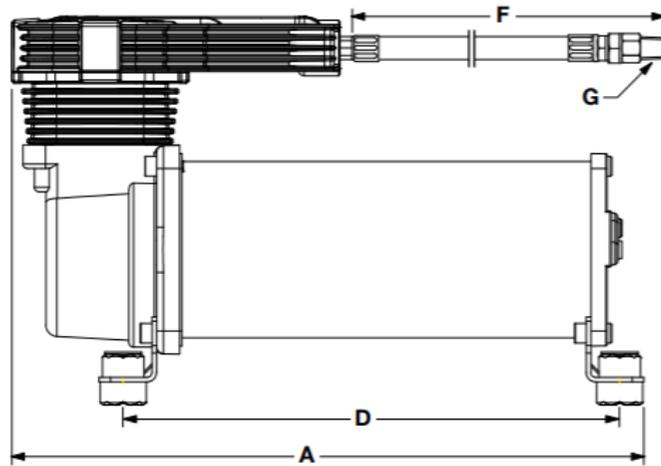
485C AIR COMPRESSOR KIT
PART NO. 48502



CARACTERISTICAS
- Protector de sobrecarga térmica
- Compresor 485C (Platinum o Stealth Black)
- Conjunto de filtro de aire
- Cubierta de filtro extraíble VIAIR
- Elementos de filtro de aire de repuesto
- Conjunto de filtro de montaje remoto
- Clip de manguera líder
- Clip de línea de aire con hardware incluido
- Accesorios de montaje
- Manguera líder trenzada de acero inoxidable con válvula de retención en línea
- Línea de aire (para instalación de filtro de montaje remoto)

ESPECIFICACIONES
- 12 voltios
- Motor magnético permanente
- Ciclo de trabajo: 100% a 200 PSI
- Max. Presión de trabajo: 200 PSI
- Max. Tamaño del tanque de aire: 5.0 galones
- Combinado Max. Consumo de amplificador: 23 amperios
- Clasificación de protección de ingreso: IP67
- Dimensiones: 10.63" L x 4.1" W x 6.44" H
- Peso neto: 11,10 libras.
-
-
-

B) Dibujo dimensional



DIMENSIONS - MM

Part Number	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
48532-48542	276.23	105.0	167.35	215.9	84.0	635.0	3/8" (M)	609.6	7.11	7.9

* All measurements in millimeters, unless otherwise noted.

** All fittings are NPT, unless otherwise noted.

DIMENSIONS - IN

Part Number	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
48532-48542	10.875	4.14	6.59	8.50	3.31	25.0	3/8" (M)	24.0	0.28	0.31

* All measurements in inches, unless otherwise noted.

** All fittings are NPT, unless otherwise noted.

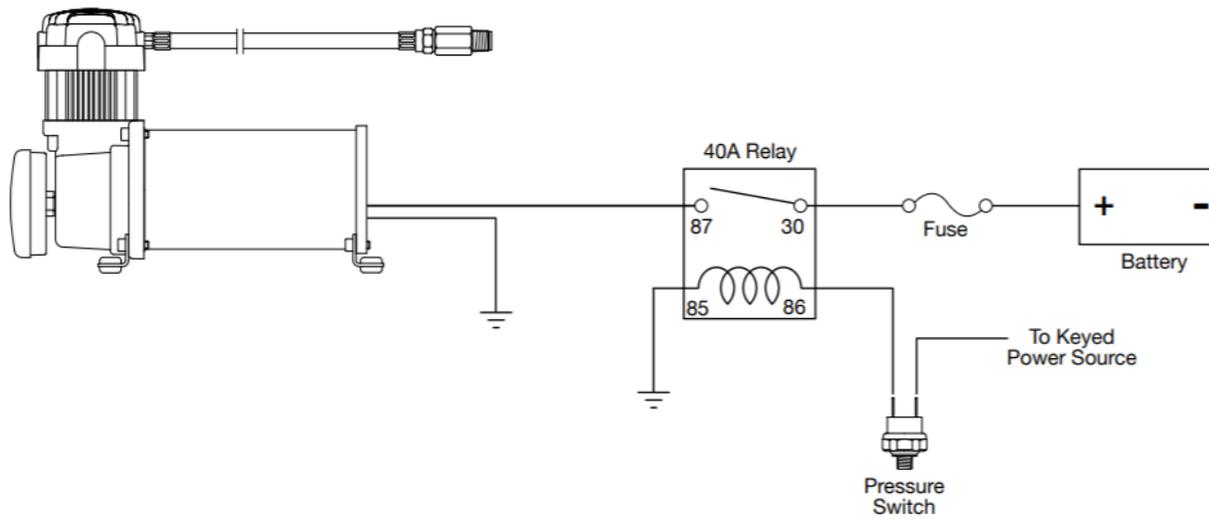
For Informational Purposes Only.

R2-060820

C) Esquema Eléctrico de Instalación de Compresor de Aire
VIAIR MODELO "C"



SINGLE "C" MODEL
COMPRESSOR WIRING DIAGRAM



15 Edelman
Irvine, CA 92618
949-585-0011
www.viaircorp.com

Rev.1

ANEXO IX

Eje con Freno seleccionado

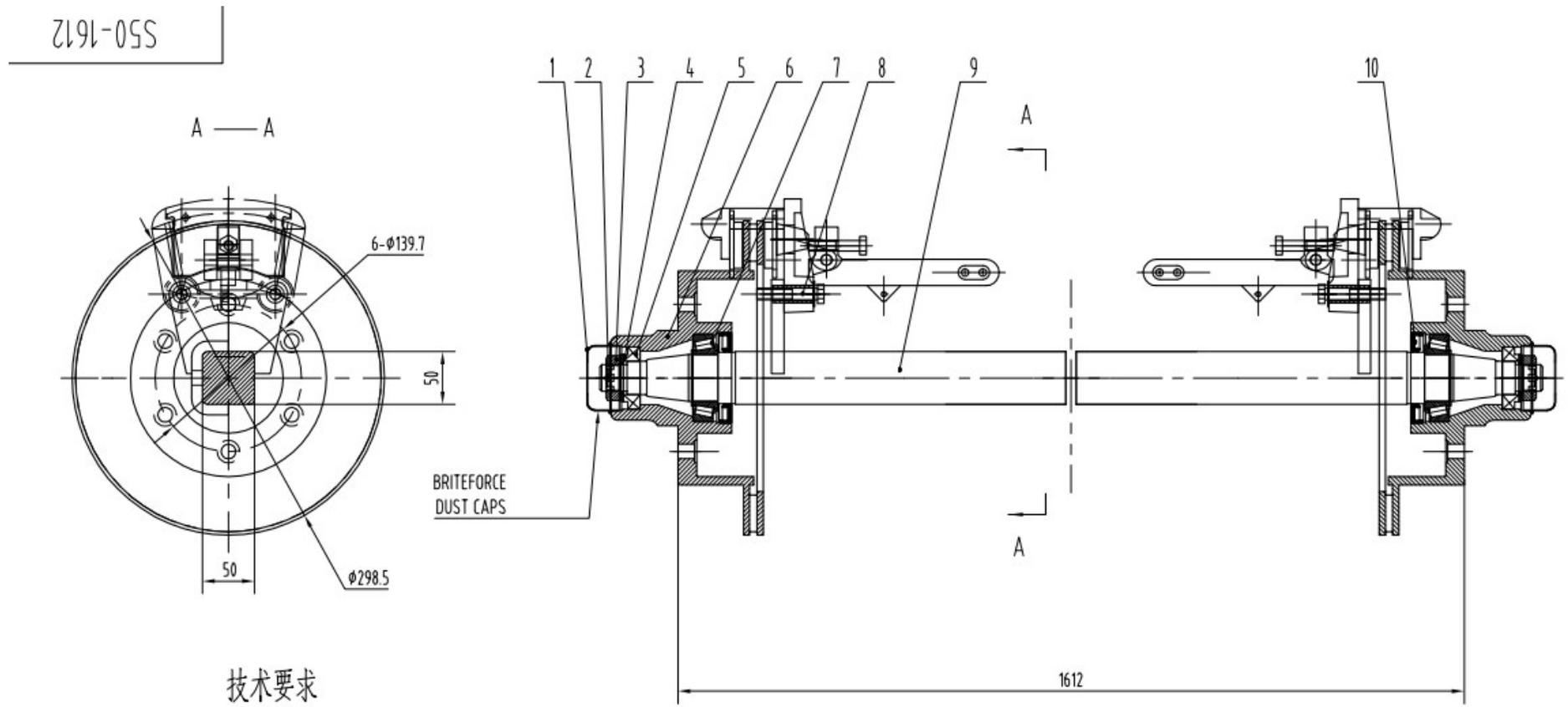
A) Ficha Técnica LAHOO

LAHCC
AUTOPARTS



Capacidad	2000 Kg
Viga del eje	Ø50 mm
Patrón para montaje de ruedas	6x139.7
Material	Acero
Peso	22 Kg

B) Dibujo dimensional



ANEXO X

Tanque de almacenamiento de aire seleccionado

Ficha Técnica PE 126.247-80A



126.247-80A



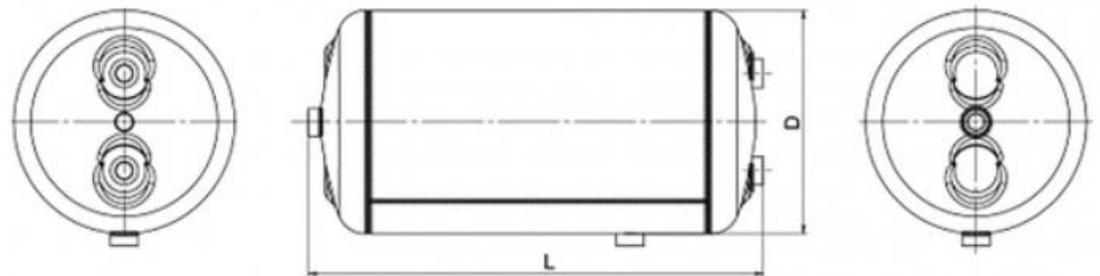
Tanque para aire comprimido¹
30 / 276 x 568 / 14,5 bar

Datos técnicos

Capacidad [litros]	30
Diámetro [mm]	276
Distancia/Ø [mm]	120
Longitud [mm]	568
Material	Acero
Número de conexiones tubulares en cada lado 1	1
Número de conexiones tubulares en cada lado	2
Presión de servicio [bar]	14,5
Racor roscado	M22 x 1,5

Aplicación

Suministro de aire comprimido	
Masa vacío	5Kg



ANEXO XI
Batería seleccionada
Ficha Técnica BOSCH 42MP S4

Código		N3.604.244.PE	
Modelo	42MP S4 (S4 60D)	Aplicación	Auto
Código de Barras	7861126167755	Polo	- +
Capacidad	62 Ah	Largo	233 mm.
CCA (-18C)	560 A	Ancho	174 mm.
Tipo	Sellada	Alto	172 mm.
RC	111 min.	Borne	Grueso
Placas	13	Peso	12.26 Kg.



ANEXO XII

Propiedades del Acero ASTM A36/A572

Ficha Técnica TUBISA SAC



Vigas - Planchas - Tubos - Angulos - Canales - Válvulas - Fittings

CANAL U LAMINADO EN CALIENTE DE ACERO ESTRUCTURAL

Descripción

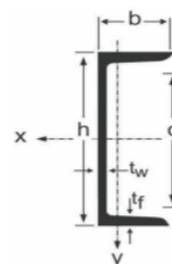
Producto de sección transversal en forma de U, que se obtiene por Laminación en caliente a partir de un Tochos de calidad estructural; se le conoce también como perfil U, o viga U

Usos

Estructuras metálicas, viguetas, carrocerías, fajas transportadoras, bases para máquinas y equipos, complemento para puentes y edificaciones en general, etc.

Normas Suministradas y Composición Química

NORMA TECNICA	C %	Mn %	Si %	P %	S %	TIPO DE ACERO
ASTM A 36/A 36M	0.26 máx	1.20 máx	0.4 máx	0.04 máx	0.05 máx	MEDIANA RESISTENCIA
ASTM A 572/A 572M grado 50	0.23 máx	1.35 máx	0.4 máx	0.04 máx	0.05 máx	ALTA RESISTENCIA



Propiedades Mecánicas

NORMA TECNICA	Límite de Fluencia			Resistencia a la Tracción			Elongación	
	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Kg/mm ²	ksi	Mpa	Probeta 2"	Probeta 8"
ASTM A 36/A 36M	25.3 mín	36 mín	250 mín	41 mín	58 - 80	400 - 550	21 % mín	20% mín
ASTM A 572/A 572M grado 50	35.0 mín	50 mín	345 mín	46 mín	65 mín	450 mín	21 % mín	18 % mín

Dimensiones, Pesos Teóricos y Características

Designación			Pesos Teóricos			Dimensiones Nominales						EJE X - X			EJE Y - Y			
Base o Altura h	Pulgadas		libras/pie	kg/m	kg/20	kg/30	h mm	b mm	tw mm	tf mm	d mm	Área cm ²	Ix cm ⁴	Sx cm ³	rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	ry cm
	Ala b																	
3"	x	1 1/2"	4.10	6.11	37.27	55.91	76.20	35.00	4.30	6.90	38.00	7.81	69.11	18.14	2.98	7.96	3.27	1.01
		1 1/2"	5.00	7.46	45.45	68.18	76.20	37.00	6.60	6.90	38.00	9.48	76.58	20.10	2.85	9.63	3.65	1.01
4"	x	1 1/2"	5.40	8.05	49.09	73.64	101.60	40.00	4.70	7.50	66.00	10.30	160.30	31.56	3.97	13.80	4.89	1.16
		1 1/4"	7.25	10.81	65.91	98.86	101.60	43.00	8.20	7.50	60.00	13.70	190.80	37.56	3.72	17.40	5.48	1.12
6"	x	1 1/2"	8.20	12.23	74.55	111.82	152.40	48.00	5.10	8.70	107.00	15.50	548.40	72.00	5.94	29.20	8.30	1.37
		2"	10.50	15.66	95.45	143.18	152.40	51.00	8.00	8.70	107.00	19.90	630.00	82.68	5.63	36.00	9.36	1.35
8"	x	2 1/4"	11.50	17.15	104.55	156.82	203.00	57.00	5.60	9.90	156.00	21.80	1340.00	132.00	7.86	53.80	12.60	1.57
		2 1/2"	13.75	20.51	125.00	187.50	203.00	59.00	7.70	9.90	156.00	26.10	1490.00	147.00	7.57	62.00	13.70	1.54
10"	x	2 1/2"	15.30	22.82	139.09	208.64	254.00	65.00	6.10	11.10	203.00	29.00	2770.00	218.00	9.81	91.20	18.50	1.78
		2 3/4"	20.00	29.83	181.82	272.73	254.00	69.00	9.60	11.10	203.00	37.90	3260.00	257.00	9.29	114.00	21.20	1.74
12"	x	3"	20.70	30.87	188.18	282.27	305.00	74.00	7.20	12.70	248.00	39.30	5340.00	350.00	11.70	157.00	27.70	2.00
		3"	25.00	37.28	227.27	340.91	305.00	77.00	9.80	12.70	248.00	47.40	5970.00	391.00	11.20	183.00	30.50	1.97
15"	x	3 3/4"	33.90	50.55	308.18	462.27	381.00	86.00	10.20	16.50	308.00	64.30	13100.00	688.00	14.30	334.00	50.50	2.28
		3 1/2"	40.00	59.65	363.64	545.45	381.00	89.00	13.20	16.50	308.00	76.10	14400.00	756.00	13.80	379.00	54.70	2.24

Tolerancias de Acuerdo al ASTM A6/A 6M

ANEXO XIII

Propiedades del material de aporte SOLDAMIG ER70S-6

Ficha Técnica SOLDEXA



Teste Charpy	
Como Soldado	
Declaración condicional	AWS
Impact Value	81 J
Temperatura de prueba	-20 °C

Propiedades típicas de Tensión				
Alargamiento	Condición	Límite de flujo	Resistencia a la tracción	Tipo de corriente CA/CD/CC (+)(-)
22 %	Como Soldado	410 MPa	497-552 MPa	CC(+)

Depósito		
Corriente	Diámetro	Tensión
80-160 A	0.8 mm	17-21 V
90-190 A	1 mm	18-24 V
130-330 A	1.2 mm	19-31 V

Corriente	Diámetro	Tensión
80-160 A	0.8 mm	17-21 V
90-190 A	1 mm	18-24 V
130-330 A	1.2 mm	19-31 V

Clasificaciones	
Grado	ER70S-6
Nombre	AWS A5.18 / ASME SFA-5.18

Aprobaciones	
Grado	ABS 3SA
Sociedad	ABS 3SA

Las aprobaciones se basan en la ubicación de la planta de fabricación. Por favor, contáctese con ESAB para obtener más información.

Composición química					
C	Cu	Mn	P	S	Si
0.06-0.15 %	0.005 %	1.40-1.85 %	0.010 %	0.011 %	0.80-1.15 %

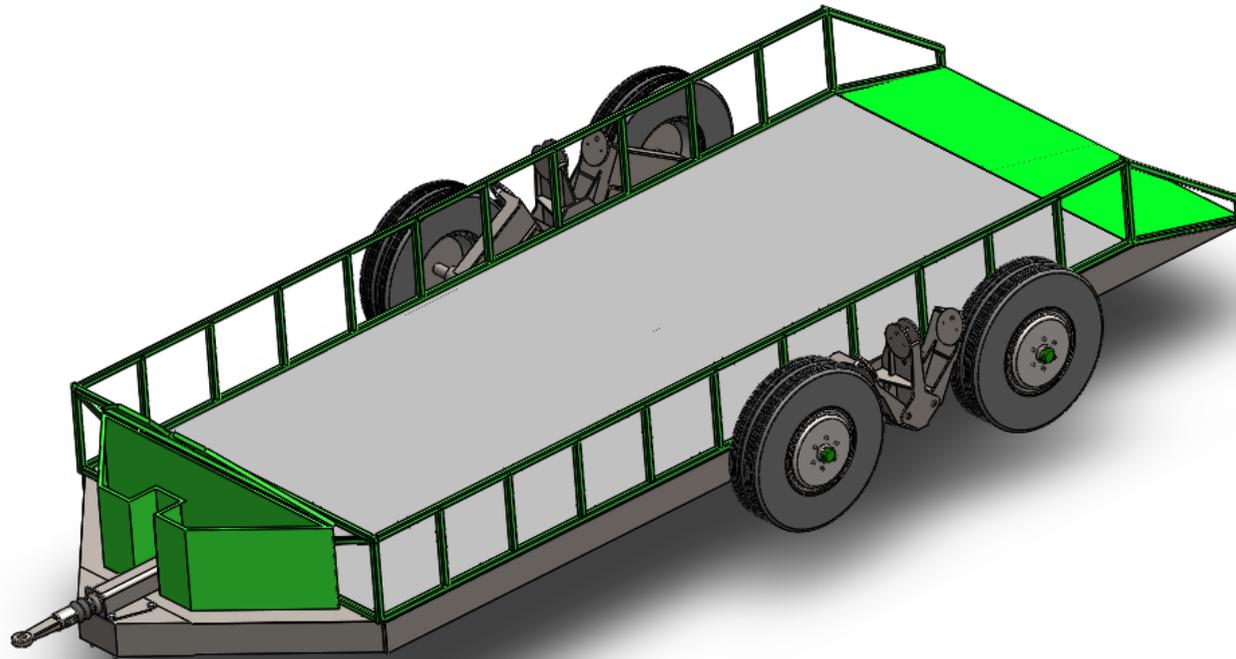
ANEXO XIV

Factores de Seguridad Valores mínimos recomendados

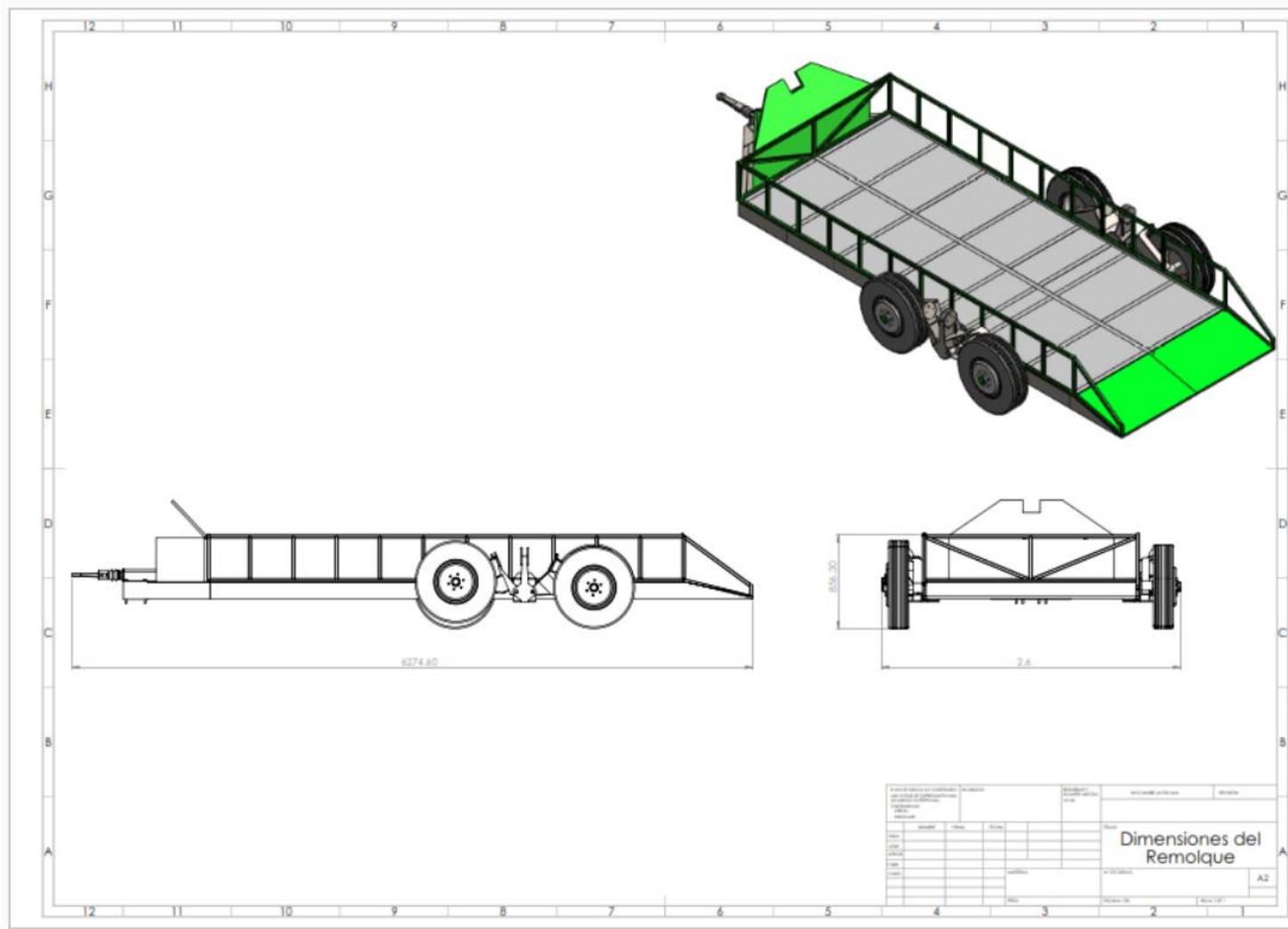
Diseño de Elementos de Maquinas, Faired 1995

TIPO O CLASE DE CARGA	ACERO, METALES DÚCTILES		HIERRO FUNDIDO, METALES FRÁGILES	MADERA DE CONSTRUCCIÓN
	Basado en la resistencia máxima*	Basado en la resistencia de fluencia**	Basado en la resistencia máxima*	
Carga muerta o Carga variable bajo análisis por fatiga	3 - 4	1.5 - 2	5 - 6	7

ANEXO XV
Geometría y Dimensiones del remolque



a) Geometría del remolque



b) Dimensiones del remolque

ANEXO XVI
Propiedades mecánicas de pernos de calidad A325
Norma ASTM A325 (pernos estructurales)

A325 Propiedades Mecánicas

Tamaño	Resistencia a la tracción, ksi	Límite elástico, ksi	Elongación. %, min	RA %, min
1/2 - 1	120 min	92 min	14	35
1 1/8 - 1 1/2	105 min	81 min	14	35