



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ**

**TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS
ANTIEMPOTRAMIENTO LATERAL Y POSTERIOR PARA
VEHÍCULOS DE CARGA.**

AUTOR: EDUARDO LUIS DE LA CRUZ PICHOGAGÓN

DIRECTOR: ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSc.

Ibarra, 2021

CERTIFICADO

ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del trabajo de grado, previo a la obtención del título de Ingeniería en Mantenimiento Automotriz, nombrado por el Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas.

CERTIFICO:

Que una vez analizado el plan de grado cuyo título es “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS ANTIEMPOTRAMIENTO LATERAL Y POSTERIOR PARA VEHÍCULOS DE CARGA.” presentado por el señor: De la Cruz Pichogagón Eduardo Luis con número de cédula 172767366-5, doy fe que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a presentación pública y evaluación por parte de los señores integrantes del jurado examinador que se designe.

En la ciudad de Ibarra, a los 13 días del mes de enero del 2021.

Atentamente

RAMIRO ANDRES
ROSERO
ANAZCO

Firmado digitalmente
por RAMIRO ANDRES
ROSERO ANAZCO
Fecha: 2021.01.20
12:32:12 -05'00'

Ing. Ramiro Rosero MSc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	172767366-5		
APELLIDOS Y NOMBRES:	DE LA CRUZ PICHOGAGÓN EDUARDO LUIS		
DIRECCIÓN:	CAYAMBE		
EMAIL:	eldelacruz@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0987577808

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE DISPOSITIVOS ANTIEMPOTRAMIENTO LATERAL Y POSTERIOR PARA VEHÍCULOS DE CARGA."
AUTOR (ES):	DE LA CRUZ PICHOGAGÓN EDUARDO LUIS
FECHA: DD/MM/AAAA	09/12/2020
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
ASESOR /DIRECTOR:	ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑAZCO MSC

2. CONSTANCIAS

El autor (es) manifiesta (n) que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es (son) el (los) titular (es) de los derechos patrimoniales, por lo que asume (n) la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá (n) en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 9 días del mes de diciembre de 2020

EL AUTOR:

DE LA CRUZ PICHOGAGÓN EDUARDO LUIS

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres por brindarme su apoyo, en especial a mi madre, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional sin sus consejos no podría haber llegado a este punto de mi vida, muchos de mis logros se lo debo a ella. Me formó con reglas y valores que hoy dan frutos.

Agradezco a dios por concederme el ángel que es mi madre en mi vida

Eduardo De la Cruz

AGRADECIMIENTO

Primero quiero dar las gracias a mis padres por educarme con valores, por siempre estar a mi lado cuando más lo necesitaba, y dándome la oportunidad de estudiar y de esta forma cumplir con esta meta tan importante en mi vida, sus palabras de aliento fueron las que me impulsaron día a día para seguir adelante.

Agradezco a Dios por permitirme llegar hasta este momento tan importante, a la Universidad Técnica del Norte y a la Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas por darme la oportunidad de cumplir una de mis metas y a mis docentes por darme la confianza y transmitir sabiduría para mi formación profesional.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPITULO I	1
1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Objetivos	1
1.1.1 Objetivo general	1
1.1.2 Objetivos específicos	1
1.2 Justificación	1
1.3 Alcance	2
1.4 Antecedentes	2
CAPITULO II	4
2. MARCO TEÓRICO	4
2.1 Clasificación vehicular	4
2.2 Configuración del vehículo	5
2.2.1 Carrocería	5
2.2.2 Bastidor	6
2.2.3 Chasis	8
2.3 Protección antiempotramiento	9
2.3.1 Protección lateral contra el empotramiento	10
2.3.2 Protección trasera contra el empotramiento	11
2.4 Normativa y reglamentación	11
2.4.1 Homologación vehicular	11
2.4.2 Normativas sudamericanas	12
2.4.3 Normativa europea	15

2.4.4	Normativa norteamericana	17
2.5	Evaluación de vehículos nuevos	20
2.5.1	NCAP	21
2.5.2	IIHS	21
2.6	Diseño mecánico	22
2.6.1	Condiciones generales	22
2.6.2	Selección de materiales	23
2.6.3	Análisis de esfuerzos y cargas	24
2.6.4	Resistencia estática	26
2.6.5	Soldadura y uniones no permanentes	26
2.6.6	Análisis de elementos finitos	29
CAPITULO III		30
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	30
3.1	Tipos de investigación	30
3.1.1	Investigación bibliográfica	30
3.1.2	Investigación cuantitativa	30
3.1.3	Investigación transversal	30
3.2	Métodos de investigación	31
3.3	Análisis de la normativa	32
3.3.1	Comparativa de dimensiones por normativa de la protección posterior antiempotramiento	33
3.1.2	Parámetros de ubicación de la protección lateral	34
3.1.3	Comparativa esfuerzos a los que se somete un dispositivo antiempotramiento posterior	35
3.2	Dimensionamiento de la estructura	37
3.2.2	Diseño de la estructura en un software cad	37
3.2.3	Selección de materiales	38

3.3	Simulación y optimización de la estructura	43
3.3.1	Modelado	44
3.3.2	Resultados referenciales	49
3.3.3	Optimización	50
3.4	Construcción y montaje	50
CAPITULO IV		55
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
4.1.	Resultados de análisis de normativas	55
4.1.1	Posición de la estructura	55
4.1.2	Cargas	56
4.2	Materiales	58
4.3	Resultados de simulación	59
4.3.1	Análisis de protección antiempotramiento modelo 1	59
4.3.2	Análisis de protección antiempotramiento modelo 2	62
4.3.3	Análisis de protección antiempotramiento modelo 3	65
4.3.4	Análisis de protección antiempotramiento modelo 4	68
4.3.5	Análisis de protección antiempotramiento modelo 5	71
4.3.6	Análisis de protección antiempotramiento posterior optimizada	74
4.3.7	Análisis protección lateral	78
4.4	Construcción	83
4.4.1	Montaje	84
CAPITULO V		85
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
5.1	Conclusiones	85
5.2	Recomendaciones	87
BIBLIOGRAFÍA		88
ANEXOS		94

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Bastidor común	6
2.2	Bastidor de perfil de doble T	7
2.3	Estructura de un chasis	8
2.4	Protección antiempotramiento	9
2.5	Tipos de larguero para protección antiempotramiento	10
2.6	Protección antiempotramiento lateral	11
2.7	Fuerzas puntuales para un ensayo	13
2.8	Posición de la protección lateral antiempotramiento vista superior	14
2.9	Vista lateral del dispositivo antiempotramiento lateral	15
2.10	Dimensiones de los perfiles utilizados para la fabricación del dispositivo	16
2.11	Vista trasera del guardia horizontal sometido a esfuerzos	18
2.12	Dispositivos antiempotramiento trasero con detalles de geometría según la regulación FMVSS 224/224	18
2.13	Vista trasera de dispositivo antiempotramiento con detalles de esfuerzos y geometría acorde a la normativa de Canadá	20
2.14	Etapas o fases del procedimiento para selección de materiales	23
3.1	Posición de la estructura posterior	34
3.2	Posición estructura lateral	35
3.3	Gráfica de materiales comparando Young- Price	40
3.4	Primer filtro de materiales	40
3.5	Materiales restantes después del segundo filtro	41
3.6	Complemento SolidWorks simulation	45
3.7	Coficiente Jacobiano	46
3.8	Colocación de fuerzas	48
3.9	Condiciones de contorno	49
3.10	Áreas de trabajo prohibidas en el bastidor	53
4.1	Posición de la barra antiempotramiento posterior	55
4.2	Posición de protección antiempotramiento lateral	56
4.3	Representación de protección contra el empotramiento posterior	58

4.4	Diseño modelo número 1	59
4.5	Tensión mínima y máxima sobre el modelo 1	60
4.6	Desplazamiento realizado por el modelo 1	60
4.7	Factor de seguridad del modelo 1	61
4.8	Diseño modelo numero 2	62
4.9	Tensión mínima y máxima sobre la modelo 2	63
4.10	Desplazamiento realizado por el modelo 2	63
4.11	Factor de seguridad del modelo 2	64
4.12	Diseño modelo numero 3	65
4.13	Tensión mínima y máxima sobre el modelo 3	66
4.14	Desplazamiento realizado por el modelo 3	66
4.15	Factor de seguridad del modelo 3	67
4.16	Diseño del modelo número 4	68
4.17	Tensión mínima y máxima sobre el modelo 4	69
4.18	Desplazamiento realizado por el modelo 4	69
4.19	Factor de seguridad del modelo 4	70
4.20	Modelo número 5	71
4.21	Tensión sobre la estructura	72
4.22	Deformación del modelo 5	72
4.23	Factor de seguridad modelo 5	73
4.24	Modelo optimizado	74
4.25	Tensión de la estructura	75
4.26	Desplazamiento de la estructura	75
4.27	Factor de seguridad sobre la estructura	76
4.28	Diseño lateral modelo 1	78
4.29	Tensión mínima y máxima estructura lateral modelo 1	78
4.30	Desplazamiento sobre la estructura	79
4.31	Factor de seguridad	79
4.32	Modelo lateral numero 2	80
4.33	Tensión mínima y máxima estructura lateral modelo 1	81
4.34	Desplazamiento sobre la estructura	81
4.35	Modelo lateral numero 2	82

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA NÚM.	DESCRIPCIÓN	PÁGINA
2.1	Clasificación vehicular	4
2.2	Clasificación vehicular (Continuación...)	5
2.3	Tipos de protecciones antiempotramiento	9
2.4	Requisitos de carga de prueba según la regulación de Brasil	14
2.5	Requisitos de carga de prueba	17
2.6	Requisitos de cargas de prueba acorde a la normativa de Canadá	19
2.7	Características de pruebas en programas de evaluación de vehículos	22
3.1	Comparativa de parámetros necesarios para homologación de dispositivos de protección trasera en vehículos de carga	33
3.2	Parámetros de posición de la protección lateral en el camión	34
3.3	Comparativa de esfuerzos a los que son sometidos los dispositivos de acuerdo con las normativas	36
3.4	Comparación de parámetros de ubicación de las fuerzas para una simulación estática	36
3.5	Propiedades mecánicas de los aceros	42
3.6	Composición química	42
3.7	Resultados referenciales esperados	49
3.8	Proceso de construcción	51
3.9	Preparación del material	52
3.10	Áreas de trabajo prohibidas para soldadura y taladrado	54
4.1	Ubicación de los puntos donde se aplicará las cargas en la simulación	57
4.2	Tabla comparativa de resultados de simulación, protección trasera	77
4.3	Tabla comparativa de resultados, protecciones laterales	82
4.4	Resultados de construcción	83

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I. Planos de estructura antiempotramiento posterior	95
ANEXO II. Planos protección antiempotramiento lateral	96

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto fue el diseño de dispositivos antiempotramiento que puedan soportar las cargas que se encuentran presentes en una colisión por alcance, entre un turismo y un vehículo de carga, además de un estudio y simulación de la protección antiempotramiento lateral, con el fin de minimizar los niveles de mortalidad en estos casos, para lo cual se realizó un análisis de las normativas internacionales, selección de materiales, diseño de estructuras y estudio de elementos finitos (FEM) para simular la colisión. Para la realización del proyecto, en primer lugar, se realizó el análisis de las normativas tanto internacionales como la local para obtener datos de los requisitos mínimos a cumplir por las estructuras, posterior a esto se realiza una selección de materiales tomando en cuenta factores muy relevantes con el uso del software para selección de materiales CES EduPack, en este caso el resultado de la selección de materiales fue Acero A-36 el cual cuenta con un límite elástico de 250 MPa y una tensión de rotura de 400 a 500 MPa . Una vez realizada la selección de materiales se procede al diseño de modelos de estudio con base a las medidas del vehículo donde serán montadas, estos diseños son sometidos a simulaciones estáticas en el software SolidWorks, gracias a este análisis se realiza una optimización utilizando estos resultados para realizar un diseño optimizado el cual cumpla con los parámetros de las normativas, una vez sometido a un ensayo estático donde fueron aplicadas fuerzas de 50, 100, 175 kN en puntos específicos acorde a las normativas y habiendo aprobado exitosamente con un desplazamiento de 9 mm y un factor de seguridad de 1 sobre más del 50% de la estructura, procedemos a realizar la construcción y montaje de la protección antiempotramiento posterior en un vehículo, el montaje se lo realiza tomando como referencia la guía de carroceros, la cual nos indica las zonas aptas para realizar trabajos ya sean de taladrado o soldadura, por último se coloca una cinta retro reflectiva para aumentar la visualización en las noches.

ABSTRACT

The objective of this project was the design of anti-underrun devices that can bear the burden that are present in a rear-end collision between a passenger car and a cargo vehicle, as well as a study and simulation of the lateral underrun protection, in order to minimize mortality levels in these cases, to achieve this, an analysis of international regulations, selection of materials, design of structures and study of finite elements (FEM) was executed to simulate the collision. To carry out the project, firstly, an analysis of both international and local regulations was developed to obtain data on the minimum requirements that the structures must meet, after which a selection of materials was made taking into consideration most relevant factors with the use of the CES EduPack material selection software, in this case the result of the material selection was A-36 Steel, which has an elastic limit of 250 MPa and a breaking stress of 400 to 500 MPa. Once the selection of materials was done, we proceeded to the design of study models based on the measurements of the vehicle where they will be mounted, these designs are subjected to static simulations in SolidWorks software, thanks to this analysis an optimization was carried out using these results to perform an optimized design which complies with the parameters of the regulations, once this has been submitted to a static test where forces of 50, 100, 175 kN were applied at specific points according to the regulations and having successfully passed with a displacement of 9 mm and a safety factor of 1 over more than 50% of the structure, we proceed to carry out the construction and assembly of the rear underrun protection in a vehicle, the assembly is developed taking as a reference the bodybuilder's guide, which indicates the areas suitable for drilling or welding work, finally a retro reflective tape is placed to increase the visualization at night.

INTRODUCCIÓN

Los dispositivos antiempotramiento son estructuras las cuales tiene como objetivo minimizar los riesgos en una colisión de un turismo contra un vehículo de carga, existen protecciones posteriores y laterales las cuales deben cumplir requisitos mínimos presentes en normativas de cada región, dichos requerimientos son de posición, esfuerzos aplicables en una simulación y dimensión de las estructuras.

En el reglamento nacional RTE-034-4R se indica que los vehículos de categoría M3, N3, N2 en su construcción o posteriormente debe implementarse una protección antiempotramiento de manera que ofrezca una protección eficaz hacia los vehículos que puedan impactarlo por la parte posterior del mismo para disminuir riesgos que puedan ser fatales (INEN, 2016).

Según la (Agencia Nacional de Tránsito, 2017) en el año 2017 se presentaron 28.967 siniestros a nivel nacional de los cuales se presentaron 7.876 choques laterales que equivalen al 27.19% de los accidentes en el año, en lo que concierne a choques posteriores se presentaron 3.051 casos que equivalen a 10.53% de los accidentes anuales y 1.447 choques frontales que representan el 5%.

Se presentaron 2.153 fallecimientos en 2017 de los cuales 252 fueron por choques laterales que equivalen a 11,70%, 148 fallecidos por choques posteriores que equivalen al 6.87% y 334 choques frontales lo cual representa un 15.51% del total de fallecidos en el ecuador por accidentes de tránsito todo esto se presenta en (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Los beneficios de este estudio llegarían a ser: Contar con un análisis de las normativas internacionales con información puntual referente al diseño e implementación de estos dispositivos, y de esta forma tener información técnica con la cual se pueda construir estas estructuras cumpliendo con los requerimientos mínimos planteados en normativas, además se puede establecer un procedimiento para el diseño, construcción y montaje de protecciones antiempotramiento y con la ayuda de este proyecto disminuir los niveles de mortalidad durante una colisión por alcance entre un turismo y un vehículo de carga, mediante la propuesta de una normativa que cuente con requisitos mínimos de dispositivos antiempotramiento

CAPITULO I

1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir dispositivos antiempotramiento lateral y posterior para vehículos de carga

1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las normativas referentes a dispositivos antiempotramiento y determinar los requerimientos mínimos de diseño y fabricación.
- Diseñar el modelo estructural de los dispositivos antiempotramiento lateral y posterior mediante software de diseño asistido por computador CAD.
- Simular el comportamiento de los dispositivos ante una colisión lateral y posterior mediante el método de análisis de elementos finitos y un software de diseño asistido por computador CAE.
- Construir los dispositivos en función de los requerimientos establecidos en las normativas analizadas y los resultados obtenidos en la simulación.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La realización de este proyecto surgió al afirmar que en el país no se tiene conocimiento de las de los parámetros técnicos que debe cumplir un dispositivo antiempotramiento para ser implementado en vehículos de carga y proporcionar la seguridad adecuada ante una colisión, por esta razón este proyecto detallará las condiciones técnicas que debe cumplir este dispositivo con el análisis respectivo de normativas internacionales.

De esta manera sentar un precedente con el que se pueda obtener información para una homologación de dicho dispositivo a nivel nacional que pueda cumplir con los parámetros de seguridad necesarios y disminuir el índice de mortalidad causado por el empotramiento de vehículos ligeros al impactarse con vehículos de carga.

1.3 ALCANCE

En el presente proyecto se realizará análisis de las normativas internacionales sobre dispositivos antiempotramiento posteriores y laterales con la finalidad de establecer parámetros técnicos estructurales para la construcción de dichos dispositivos antiempotramiento que puedan ser utilizados en un vehículo de carga pesada sin que se vea afectada su estabilidad.

Este trabajo se centrará en el diseño de los dispositivos antiempotramiento con la ayuda de software CAD tomando en cuenta las especificaciones técnicas de normativas internacionales. Además, se realizarán simulaciones estáticas de los esfuerzos que deben soportar dichos dispositivos al momento de recibir un impacto mediante el uso de software CAE.

Por último, se realizará la construcción de un prototipo que puedan satisfacer las condiciones mínimas en una colisión, utilizando materiales seleccionados previamente y de producción ecuatoriana que puedan soportar los esfuerzos realizados en las simulaciones de pruebas estáticas.

1.4 ANTECEDENTES

Los vehículos pesados como autobuses, camiones, tanqueros, volquetas o tractocamión, unidades de carga, deben estar contruidos y/o equipados de manera que ofrezcan en todo su ancho en la parte posterior una protección eficaz contra la incrustación de vehículos livianos de pasajeros, debajo de la plataforma de carga del vehículo pesado. (INEN, 2010)

El dispositivo antiempotramiento es un elemento de seguridad pasiva que protege la parte posterior del vehículo y además sirve para evitar que un turismo quede enganchado o debajo del vehículo que le precede en caso de colisión por alcance, además dicho dispositivo denominado barra antiempotramiento está construido con un material rígido y por su construcción está diseñado para vehículos que se dedican al transporte de mercancía. (Circula seguro, 2013)

Según estudios realizados de diferentes empresas comerciales y de turismo el dispositivo de antiempotramiento lateral y posterior para vehículos de carga, es indispensable, ya que la mayoría de las lesiones graves son ocasionados por estos vehículos y pueden provocar la muerte, según el reglamento general de vehículos dicha protección es eficaz ya que ayuda a proteger y daños por decapitación u otros daños debido al empotramiento de los vehículos livianos.

Según la (Agencia Nacional de Tránsito, 2017) en el año 2017 se presentaron 28.967 siniestros a nivel nacional de los cuales se presentaron 7.876 choques laterales que equivalen al 27.19% de los accidentes en el año, en lo que concierne a choques posteriores se presentaron 3.051 casos que equivalen a 10.53% de los accidentes anuales y 1.447 choques frontales que representan el 5%.

Se presentaron 2.153 fallecimientos en 2017 de los cuales 252 fueron por choques laterales que equivalen a 11,70%, 148 fallecidos por choques posteriores que equivalen al 6.87% y 334 choques frontales lo cual representa un 15.51% del total de fallecidos en el Ecuador por accidentes de tránsito todo esto se presenta en (Agencia Nacional de Tránsito, 2017).

Según el anexo IV de (Dirección General de tráfico, 2015) los vehículos tipo camión deben estar equipado con una protección posterior en todo su ancho la cual debe ser eficaz contra el empotramiento, además de los vehículos que están destinados al transporte de personas con una capacidad de hasta 9 plazas, incluido el conductor, y los vehículos que transporten cargas superiores a las 3,5 toneladas.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 CLASIFICACIÓN VEHICULAR

La categorización vehicular se realiza tomando en cuenta varias características como son el peso máximo del vehículo, su funcionamiento y el número de pasajeros a los cuales va a transportar, en el caso de Ecuador la categorización vehicular se desarrolla por un ente regulador que es la Agencia Nacional de Tránsito.

Tabla 2.1 Clasificación vehicular

Categoría	Tipo	Detalles
Categoría M		Vehículo automotor de por lo menos 4 ruedas o que tiene 3 ruedas cuando el peso máximo excede 1 tonelada métrica, y es utilizado para el transporte de pasajeros 1.
Categoría M1		Vehículo para transporte de pasajeros y que no contenga más de 8 asientos además del asiento del conductor.
Categoría M1 (a)		Los vehículos que tengan 3 o 5 puertas y ventanas laterales detrás del conductor, con peso máximo de cargado de 3,5 ton., diseñado y construido originalmente para el transporte de pasajeros, pero que puede ser adaptado, o parcialmente adaptado, para el transporte de carga por plegado o remoción de los asientos situados detrás del asiento del conductor.
Categoría M1 (b)		Los vehículos diseñados y construidos originalmente para el transporte de cargas pero que han sido adaptados con asientos fijos o replegables detrás del asiento del conductor para el transporte de más de 3 pasajeros, y vehículos diseñados y equipados para suministrar viviendas móviles teniendo un peso máximo cargado que no exceda las 3.5. ton. Para los dos casos.
Categoría M2	Van, microbús	Vehículos para transporte de pasajeros con más de ocho asientos y que no excedan el peso máximo de 5 ton métricas.
Categoría M3		Vehículos motorizados para transporte de pasajeros con más de ocho asientos además del asiento del conductor, y que tengan un peso máximo mayor a las 5 ton.
Categoría N		Vehículos motorizados de cuatro ruedas o más diseñados y construidos para el transporte de mercancías.
Categoría N1	Camioneta, van hasta camiones ligeros	Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo que no exceda las 3.5. ton.
Categoría N2	Camiones	Vehículos utilizados para transporte de carga y con un peso máximo superior a las 3,5 ton. métricas pero que no exceda las 12 ton. métricas.

Fuente: (SICE, 2019), (INEN, 2016)

Tabla 2.2 Clasificación vehicular (**Continuación...**)

Categoría N3	Camión pesado y Tracto camión	Vehículos utilizados para transporte de carga y mercancías provisto de un chasis cabina, de dos, tres o cuatro ejes, al que se puede montar una estructura para transportar carga (furgón, plataforma, etc.) y con un PBV superior a las 12 Ton.
Categoría O		Vehículos no motorizados diseñados para ser remolcados por un vehículo de motor.
Categoría O1	Unidad de carga muy liviana	Acoplados con un eje, que no sean semi-acoplados, con un peso máximo que no exceda las 0,75 ton. métricas.
Categoría O2	Unidad de carga liviana	Acoplados con un peso máximo que no exceda las 3,5 ton métricas, que no sean los acoplados de categoría O1.
Categoría O3	Unidad de carga mediana	Acoplados con un peso máximo superior a las 3,5ton. métricas pero que no exceda las 10 ton. métricas.
Categoría O4	Unidad de carga pesada	Acoplados con un peso máximo superior a las 10ton. Métricas

Fuente: (SICE, 2019), (INEN, 2016)

En la Tabla 2.1 se presentan la categorización de vehículos acorde a características de construcción y uso de estos, una característica muy importante que se toma en cuenta es el peso que pueden transportar

2.2 CONFIGURACIÓN DEL VEHÍCULO

2.2.1 CARROCERÍA

Se llama carrocería a la estructura que va apoyada sobre el bastidor y en cuyo interior están el conductor, los pasajeros y la carga, motor y las diversas partes mecánicas, la carrocería va ligada con la seguridad, confort, consumo de combustible y costo del vehículo, por otra partes, en lo relacionado a las carrocerías de los camiones, estas se hacían comúnmente de 100% acero al carbón lo cual los hacían pesados e inestables, desde hace pocos años se ha aplicado principios aerodinámicos en el diseño de los nuevos tipos de carrocerías para el transporte de carga, aumentando la vida útil del motor debido a la disminución del exceso de fricción con el aire (De La Sota Cordova, 2014). Las carrocerías de vehículos industriales se encargan del transporte de mercancía y pasajeros de una forma segura, tenemos dos tipos que son los de cabina adelante que tienen el motor debajo de la cabina y los vehículos con capó los cuales tienen motor más delante de la cabina (BOSCH, 2005).

2.2.2 BASTIDOR

Llamamos bastidor a la estructura rígida del vehículo donde se fijan la carrocería y los distintos grupos mecánicos y accesorios, además de soportar el peso de los componentes del vehículo, deberá soportar las sobrecargas que se forman por el peso del mismo sumándole el peso de los ocupantes, el peso de la carga y las cargas dinámicas e inerciales durante su funcionamiento diario, los puntos más críticos de un bastidor son los travesaños y los nudos de unión los cuales están remachados, atornillados o soldados, para mayor rigidez se usan estructuras de apoyo en largueros en forma de U y L (Rodríguez Galbarro, 2019).

2.2.2.1 Bastidor tipo escaleta

Los primeros automóviles se construyeron con una estructura de marco de escalera en la que se colocaba la carrocería del vehículo que contenía los asientos de los pasajeros, a menudo las carrocerías estaban fabricadas de madera la cual contaba con una rigidez muy baja en comparación con el bastidor, por lo tanto, el bastidor de escalera de alta rigidez (en flexión) soportó prácticamente todas las cargas de flexión y torsión (Smith, 2001).



Figura 2.1 Bastidor común

Fuente: (Rodríguez Galbarro, 2019)

2.2.2.2 Bastidor con perfiles en U

Este tipo de bastidor lo podemos encontrar principalmente en camiones rígidos, autobuses y remolques, por esta razón son los más utilizados en vehículos industriales, sus características mecánicas y formas con paredes exteriores planas los hacen ideales para situar sobre ellos superestructuras y bastidores auxiliares que añaden mayor resistencia a la estructura portante en el proceso de carrozado de camiones, también permiten la flexión en los largueros, sin que se exponga el material a tensiones innecesarias y proporciona a los travesaños una resistencia suficiente para absorber las fuerzas laterales (Pérez Vaca, 2011).

2.2.2.3 Bastidor con doble perfil de doble T

Este tipo de perfiles se usa solamente en semirremolques y algunos remolques, este tipo de perfiles permite construir semirremolque y plataformas con diseños complejos como por ejemplo los semirremolques tipo góndola, los materiales que se usan para este tipo de bastidores pueden ser acero y aluminio de alta resistencia, pero con ventajas y desventajas de cada uno de ellos (Pérez Vaca, 2011).



Figura 2.2 Bastidor de perfil de doble T

Fuente: (Teller Bel, 2011)

2.2.2.4 Bastidor con perfil cajado

Los bastidores suelen diseñarse con diferentes formas y geometría, en función de diversas sollicitaciones como resistencia, distribución especial de carga, flexiones y torsiones elevadas, etc (Pérez Vaca, 2011).

2.2.3 CHASIS

Los sistemas del chasis incluyen la suspensión que soporta los ejes, la dirección que guía el vehículo, redas, neumáticos, frenos, etc. Estos sistemas tienen impacto directo en el manejo confortable, estabilidad del vehículo, sensibilidad de la dirección, etc. Y varían ampliamente en mecanismos y dispositivos, el mismo puede estar fabricado de acero o aluminio dependiendo de la rigidez, forma y precio que se vayan a necesitar (Toyota, 2016).

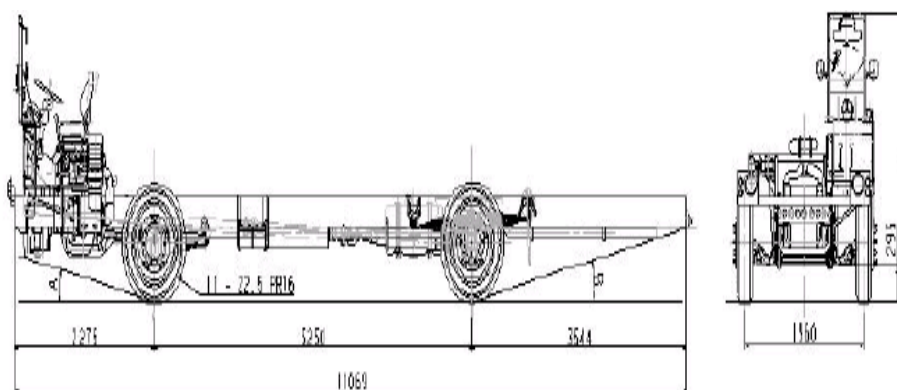


Figura 2.3 Estructura de un chasis

Fuente: (Coronel Daquilema, 2010)

2.3 PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO

En la actualidad las protecciones antiempotramiento tiene diferentes formas dependiendo de las dimensiones del vehículo en el cual se lo instale, también depende del material que se use para su construcción, entre los más importantes tenemos los siguientes:



Figura 2.4 Protección antiempotramiento

Fuente: (IIHS, 2016)

Tabla 2.3 Tipos de protecciones antiempotramiento

Protección	Descripción
Protección fija con perfil en U	“Este perfil está hecho de aluminio con una forma de U en la cual se permite montar la placa de matrícula de una forma más protegida”.
Protección fija con perfil cuadrada	Este tipo de perfil está fabricado de aluminio, además proporciona una distancia de separación al suelo más adecuada bajo el bastidor de un travesaño de remolque este perfil tiene una altura menor a la del perfil en U.
Protección con perfil redondo	<ul style="list-style-type: none"> • Montaje fijo Este es un perfil redondo hecho de acero que cuenta con un diámetro de 108 mm, el uso de este es recomendable para volquetes ya que se evita la posibilidad de que la grava caída sobre el carrete. • Desmontable “Este tipo solo se puede combinar con un travesaño cuadrangular y un travesaño de remolque que complementen bajo el bastidor o que este adaptado para acoplamiento próximo”.

Fuente: (SCANIA, 2015)

En la Figura 2.7 se observa los cuatro tipos de protecciones presentadas por SCANIA, estas buscan disminuir la fuerza del impacto al momento de la colisión de un vehículo. En la normativa argentina IRAM 3952 requiere el montaje de un reflector con patrón rojo-blanco en la protección antiempotramiento esto se debe realizar para obtener una mejor visualización de la protección en las noches (SCANIA, 2015, pág. 4).

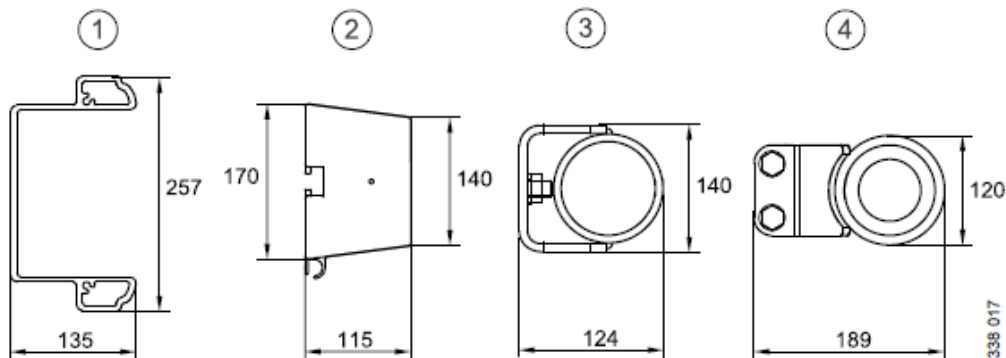


Figura 2.5 Tipos de larguero para protección antiempotramiento

Fuente: (SCANIA, 2015)

2.3.1 PROTECCIÓN LATERAL CONTRA EL EMPOTRAMIENTO

En el caso de las protecciones laterales los requisitos mecánicos son mucho menos estrictos, en la normativa 89/97/CEE y la UNECE-R 73 se especifica que estos dispositivos deben proporcionar seguridad a peatones, ciclistas y motociclistas contra el peligro de introducirse lateralmente y ser arrollado, dichos dispositivos deben ubicarse perpendicularmente al chasis del vehículo y soportar una fuerza de 1kN por otra parte el Consejo Europeo de Seguridad Vial ETSC en un informe publicado en marzo del 2015 sobre la revisión de la General Safety Regulation 2009/661 se exige, entre otras cosas, un aumento de la resistencia de los dispositivos laterales respecto a los impactos de motociclistas (DEKRA, 2017).



Figura 2.6 Protección antiempotramiento lateral

Fuente: (Forankra Group, 2020)

2.3.2 PROTECCIÓN TRASERA CONTRA EL EMPOTRAMIENTO

La Directiva 70/221 sobre depósitos de combustible y dispositivos de protección trasera indica que un dispositivo antiempotramiento trasero consiste en un dispositivo de protección trasera contra el empotramiento que debe estar en un travesaño y en elementos que se conecten a los largueros del bastidor (Bordegé Corella, 2011, pág. 13).

2.4 NORMATIVA Y REGLAMENTACIÓN

2.4.1 HOMOLOGACIÓN VEHICULAR

La homologación vehicular es el proceso mediante el cual la Agencia Nacional de Tránsito certifica que un modelo de vehículo que pretende comercializarse en el país, cumple con todas las normas técnicas de emisión y seguridad que le son aplicables, este proceso tiene como fin garantizar al consumidor que los vehículos que se encuentran en el mercado son seguros y que permite a la ciudadanía disponer de sistemas de transporte eficientes y sustentables ambientalmente (ANT, 2019).

2.4.2 NORMATIVAS SUDAMERICANAS

2.4.2.1 Normativa nacional

En el reglamento nacional RTE-034-4R se indica que los vehículos de categoría M3, N3, N2 en su construcción o posteriormente debe implementarse una protección antiempotramiento de manera que ofrezca una protección eficaz hacia los vehículos que puedan impactarlo por la parte posterior del mismo para disminuir riesgos que puedan ser fatales (INEN, 2016).

2.4.2.2 Normativa de Chile

En la normativa chilena se establece el uso de un dispositivo de protección lateral llamada DPL. El miembro o miembros y la unión o uniones (elementos de fijación) longitudinales a los miembros laterales del bastidor u otras partes estructurales del vehículo, diseñados para proteger de manera eficaz a los usuarios de las vías públicas, no protegidos frente al riesgo de caer bajo los laterales del vehículo y quedar atrapados bajo las ruedas; algunas partes del vehículo también pueden ser utilizadas como DPL (Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones, 2018).

El dispositivo DPL no aumentara el ancho total del vehículo, no debe pasar de 150mm desde el lado externo del vehículo hacia el lado interno, su extremo delantero podrá tener un ángulo de 45°, solo se usaran pernos o remaches que no sobresalgan los 10mm de la superficie del DLP, en caso de usar largueros estos no podrán estar separados más de 300mm uno del otro y deben tener un ancho de mínimo 50mm, el dispositivo no debe tener una separada a una distancia no mayor a 300mm de los neumáticos, el borde inferior del dispositivo no debe estar separado del suelo más de 550mm medido en el vehículo sin carga, el borde superior no estará separado más de 350mm de la parte inferior de la base de la estructura del vehículo (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, 2018).

La normativa chilena indica que al someterse la estructura en el punto 1 ubicado a una distancia de 30cm de los exteriores del parachoques, en el punto 3 ubicado en el centro de la viga principal a una fuerza de 2500kg (24.52kN) y en el punto 2 que está ubicada en los puntos de unión de la viga principal con los elementos de conexión al chasis una fuerza de 5000kg (49.03kN), ninguno de los puntos se desplazaran más de 40cm con respecto a su posición original (Amaya Pinos & Loja Quezada, 2017).

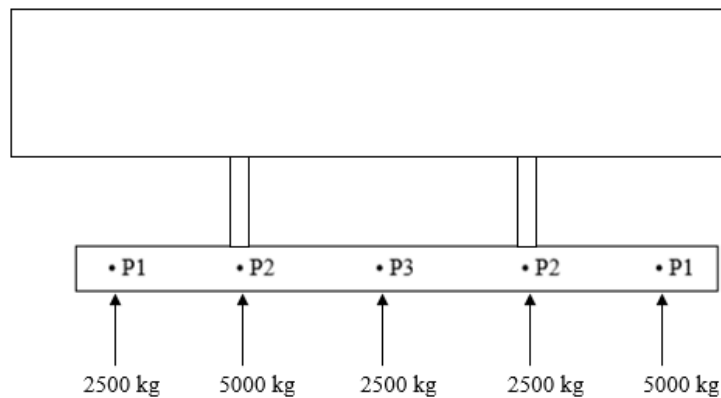


Figura 2.7 Fuerzas puntuales para un ensayo

2.4.2.3 Normativa de Brasil

- **Protección posterior**

Brasil implementó su reglamento de infracciones de remolque el 1 de julio de 2004, dicha normativa se aplicó a los vehículos con una clasificación de peso bruto de más de 4,600 kg, además la parte inferior del miembro de la protección horizontal no debe estar a más de 400 mm por encima del suelo, para aplicaciones de tanques que transportan materiales peligrosos, la cara del miembro de la protección horizontal debe extenderse al menos 150 mm más allá del tanque o accesorio posterior, y la ubicación de la aplicación de fuerza puntual es la misma que en los Estados Unidos, Canadá y Europa, pero las fuerzas de prueba varían con el GVW del vehículo, Brasil también incluyó el requisito de franjas diagonales rojas y blancas en la cara de la guardia, este requisito de marcado contiene una lista extensa de especificaciones muy particulares que rigen actualmente (NHTSA, 2012).

Tabla 2.4 Requisitos de carga de prueba según la regulación de Brasil

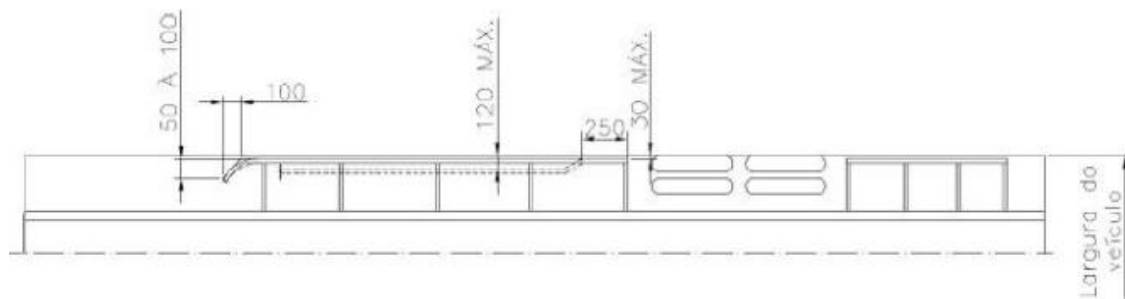
Punto de prueba	Peso bruto vehicular (kg)			
	4600 a 6500	6500 a 10000	10000 a 23000	>23500
P1	50 kN	60 kN	80 kN	100 kN
P2	75 kN	90 kN	120 kN	150 kN
P3	50 kN	60 kN	80 kN	100 kN

Fuente: (Consejo Nacional de Transito de Brasil, 2009)

La Tabla 2.3 indica las fuerzas que se utilizan en las pruebas estáticas de protecciones posteriores en puntos específicos, dichas fuerzas dependen del peso del vehículo en el cual se vaya a realizar la prueba de esta manera se aprecia que las fuerzas a aplicarse son directamente proporcionales al peso de vehículo.

- **Protección lateral**

Se establece como requerimiento para camiones con peso bruto total de 3500kg que la protección lateral debe estar ubicada a máximo 550mm de altura con respecto al suelo, a una altura máxima de 350mm de la base de la estructura del camión, debe estar a una distancia de 300mm máximo de los neumáticos, los perfiles deben tener mínimo 100mm de ancho, el extremo frontal debe doblarse hacia la parte interior del vehículo entre 50 a 100mm durante los primeros 100mm (Consejo Nacional de Transito de Brasil, 2009).

**Figura 2.8** Posición de la protección lateral antiempotramiento vista superior

Fuente: (Consejo Nacional de Transito de Brasil, 2009)

En la Figura 2.8 se indican las distancias máximas a las cuales debe ubicarse una protección lateral con respecto a los neumáticos, y la distancia lateral a la cual debe ubicarse dicha protección con respecto a la carrocería de un vehículo de carga pesada.

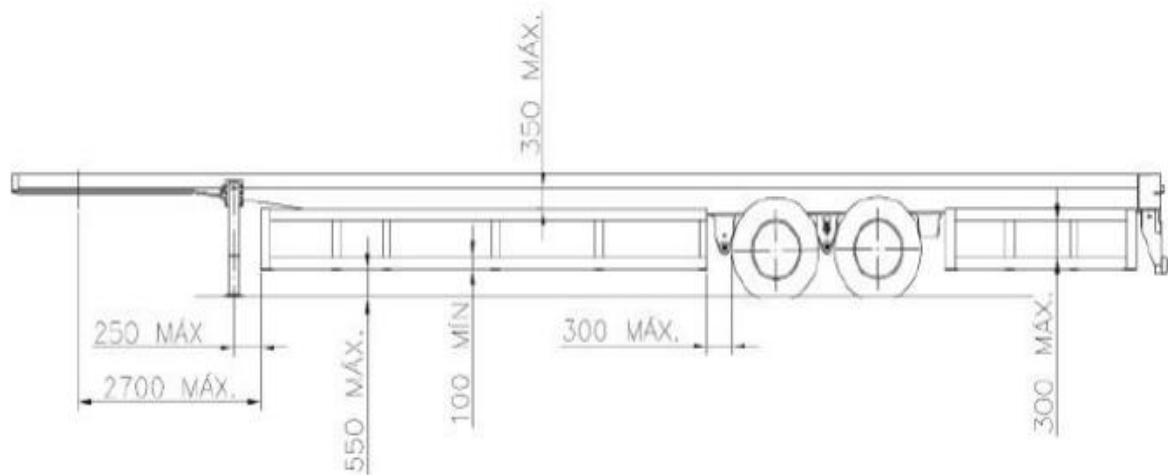


Figura 2.9 Vista lateral del dispositivo antiempotramiento lateral

Fuente: (Consejo Nacional de Transito de Brasil, 2009)

En la Figura 2.9 podemos ver las distancias verticales a las cuales debe ubicarse una protección lateral antiempotramiento con respecto al suelo y a la base de la carrocería u estructura superior para evitar impactos entre ellos, además podemos ver las distancias a las cuales debe ubicarse de los neumáticos y de estructuras frontales.

2.4.3 NORMATIVA EUROPEA

En el caso de los vehículos de las categorías N2 cuya masa máxima exceda de 8 t, N3, O3 y O4, la distancia al suelo con respecto a la parte inferior del dispositivo de protección, incluso con el vehículo vacío, no excederá de:

a) 450 mm en el caso de los vehículos de motor y remolques con suspensión hidroneumática, hidráulica o neumática o con un dispositivo de corrección automática de la altura en función de la carga; en cualquier caso, se considerará que un ángulo de salida de hasta 8° (ISO 612:1978), con una distancia al suelo máxima de 550 mm, cumple los requisitos (CEPE, 2019).

b) 500 mm o un ángulo de salida de 8° (ISO 612:1978), la que sea inferior, en el caso de los vehículos distintos de los contemplados en la letra a); en cualquier caso, se considerará que un ángulo de salida de hasta 8° (ISO 612:1978), con una distancia al suelo máxima de 550 mm, cumple los requisitos (CEPE, 2019).

La altura de sección del travesaño del dispositivo de protección delantera contra el empotramiento no debe ser inferior a 100 mm en los vehículos de la categoría N2 y a 120 mm en los vehículos de la categoría N3, además, los extremos laterales del travesaño no deben estar vueltos hacia adelante ni presentar bordes cortantes externos; dicha condición se cumplirá cuando los extremos laterales del travesaño presenten el exterior redondeado, con un radio de curvatura mínimo de 2,5 mm (Perdomo Campaña, 2017).

La anchura del dispositivo de protección delantera contra el empotramiento no debe exceder, en ningún punto, la anchura de los guardabarros de las ruedas del eje delantero más extremo y no debe ser inferior en más de 100 mm por cada lado al eje delantero más extremo, medido en los puntos extremos exteriores de los neumáticos, con la exclusión de su abombamiento cerca del suelo o inferior en más de 200 mm por cada lado medidos en los puntos exteriores extremos de los peldaños de acceso a la cabina del conductor (Perdomo Campaña, 2017).

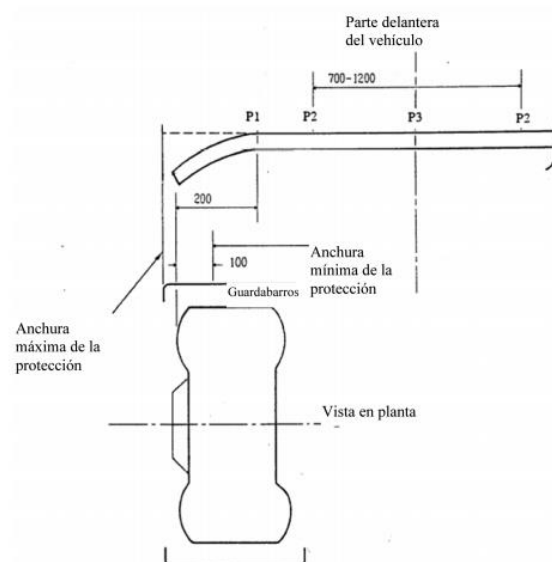


Figura 2.10 Dimensiones de los perfiles utilizados para la fabricación del dispositivo

Fuente:(Perdomo Campaña, 2017)

Las dimensiones observadas son la anchura mínima y máxima que deben tener los perfiles para cumplir con los parámetros dictados por la normativa europea.

2.4.4 NORMATIVA NORTEAMERICANA

En esta sección se presentan las normativas de Estados Unidos y de Canadá, es esta se señalan los puntos más representativos de nuestro tema de estudio, en las cuales podremos encontrar medidas para la fabricación de dispositivos antiempotramiento, así como la fuerzas que deben ser aplicadas para realizar una simulación y los puntos exactos donde se ubicaran dichas fuerzas.

2.4.4.1 Estados Unidos

Las regulaciones FMVSS 223 y 224 se implementaron en 1998 y regulan la protección contra impactos traseros y la instalación de la unidad, de estas el reglamento 224 se aplica a los remolques de 4,359 kg o más, las fuerzas de prueba se aplican como cargas puntuales independientes de 50 kN y 100kN como se presenta en la siguiente figura (NHTSA, 2012).

Tabla 2.5 Requisitos de carga de prueba

Puntos de prueba	Fuerza Máxima
P1	50 kN
P2	100 kN
P3	50 kN

Fuente: (NHTSA, 2012)

En la Tabla 2.4 se presentan las fuerzas que se deben aplicar sobre la barra principal de la protección posterior antiempotramiento durante una simulación estática para determinar si esta puede soportar las cargas a las que se somete dicho dispositivo en una colisión.

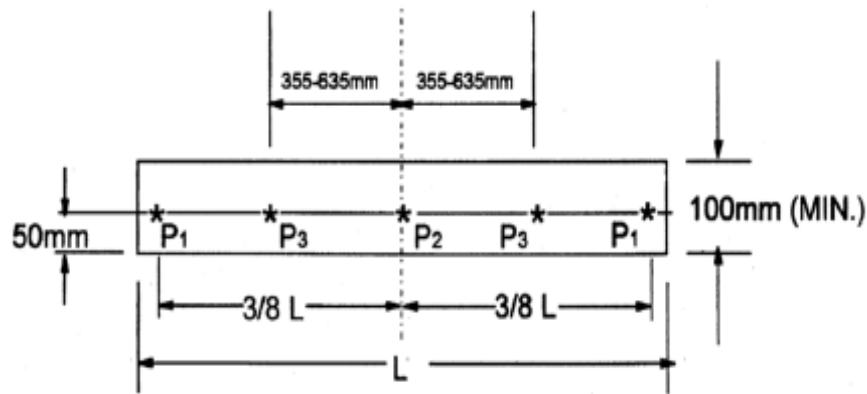


Figura 2.11 Vista trasera del guardia horizontal sometido a esfuerzos

La distancia vertical previa a la prueba entre el borde inferior del miembro horizontal de la protección y el suelo está limitada a 560 mm. No hay requisito de límite de altura posterior a la prueba (NHTSA, 2012).

El reglamento FMVSS 223 proporciona instrucciones de instalación que incluyen una explicación del método de fijación e instrucciones de prueba detalladas para los guardias de impacto trasero, con esto decimos que el objetivo de este reglamento era garantizar que los fabricantes e instaladores de protectores independientes estuvieran en condiciones de instalar guardias de impacto traseros en los remolques de conformidad con los requisitos reglamentarios (NHTSA, 2012).

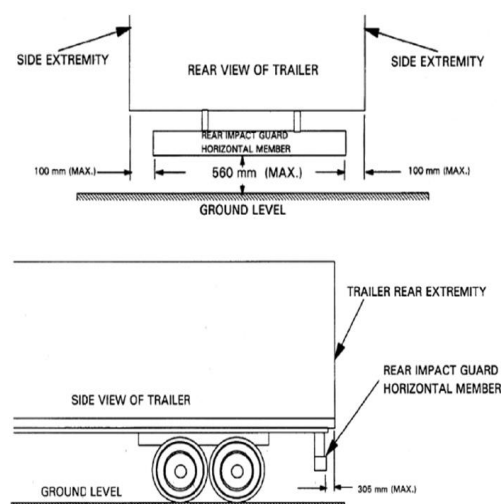


Figura 2.12 Dispositivos antiempotramiento trasero con detalles de geometría según la regulación FMVSS 224/224

2.4.4.2 Normativa de Canadá

En la norma canadiense de protección de impactos traseros N° 223 que se puso en vigencia el 1 de septiembre de 2007, se puede ver que la prueba de dispositivos de antiempotramiento traseros es compatible con los requisitos que se pueden encontrar en la normativa estadounidense para cargas puntuales en P1 y P2, sin embargo, en el punto P3 en lugar de una carga puntual P3, se requiere una carga uniformemente distribuida de 350 kN a través de la cara del miembro horizontal que abarca los puntos P1, P2 y P3, y debe absorber al menos 20.000 J de energía dentro de los primeros 125 mm de deflexión; en el caso de que el protector demuestre resistencia a una carga uniforme superior a 700 kN, la regulación establece que ya no se requiere el requisito de absorción de energía (NHTSA, 2012).

Finalmente, una vez que se completa la prueba de carga uniforme, la distancia al suelo del miembro horizontal no debe exceder los 560 mm cuando se mide en cada soporte al que está sujeto el miembro horizontal (NHTSA, 2012).

Tabla 2.6 Requisitos de cargas de prueba acorde a la normativa de Canadá

Punto de prueba	Fuerzas máximas
P1	50 kN (Carga puntual)
P2	50 kN (Carga puntual)
P3	175 kN (Carga puntual o carga uniforme)

Fuente: (NHTSA, 2012)

Las fuerzas expuestas en esta tabla son cargas puntuales ubicadas en los puntos que se indicarán posteriormente en la figura 9, estas fuerzas están dadas por la normativa de Canadá.

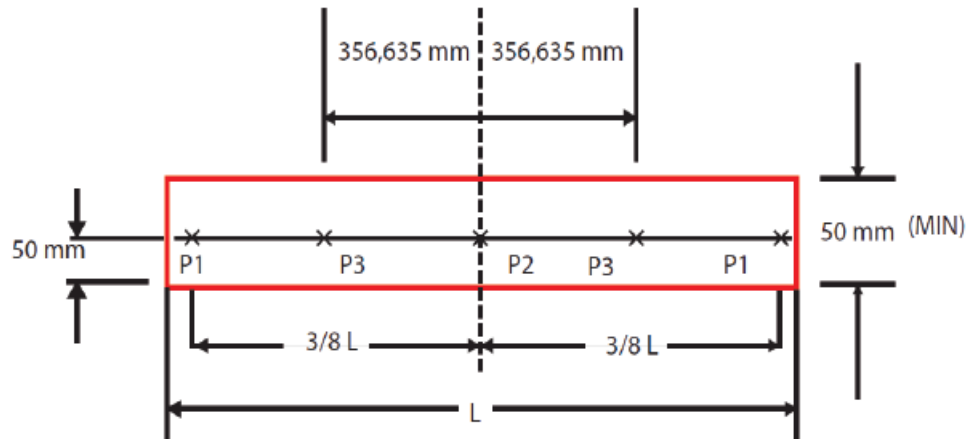


Figura 2.13 Vista trasera de dispositivo antiempotramiento con detalles de esfuerzos y geometría acorde a la normativa de Canadá

Fuente: (NHTSA, 2012)

En la Figura 2.13 se puede apreciar las medidas de los puntos donde deben ser ubicados las fuerzas para la realización de un ensayo estático en un Software CAE, como podemos ver las fuerzas deben estar situadas exactamente en el centro del larguero.

2.5 EVALUACIÓN DE VEHÍCULOS NUEVOS

La mayoría de muertes en accidentes entre camiones largos y vehículos pequeños se da en los pasajeros de los vehículos pequeños ya que el peso de los camiones a menudo superan entre 20 o 30 veces más el peso de los vehículos de pasajeros esto representa superioridad en peso de más de 10,000 libras; en 2017, 4,102 personas murieron en choques con camiones pequeños de los cuales, el 17% representan a los ocupantes de los camiones, 21 68% representan a los ocupantes de los vehículos de pasajeros y el 14% son peatones, ciclistas o motociclistas, por otro lado en accidentes fatales donde se vieron inmersos directamente un camión con un vehículo de pasajeros el 97% de las muertes pertenece a los ocupantes de vehículos de pasajeros (IIHS, 2019).

2.5.1 NCAP

El **NCAP** (Programa de Evaluación de Vehículos Nuevos) inició en el año 2010 como una iniciativa y posteriormente se estableció como asociación en 2014, el objetivo de este programa es brindar información sobre los niveles de seguridad ofrecido de parte de los diferentes modelos de vehículos presentes en el mercado basando sus pruebas en métodos internacionales reconocidos y calificando entre 0 y 5 estrellas la protección que brindan los vehículos tanto para ocupantes adultos como para niños (Latin NCAP, s.f.).

2.5.2 IIHS

El **IIHS** evalúa la resistencia al choque de un vehículo con la ayuda de seis pruebas: superposición moderada en la parte delantera, superposición pequeña en el lado del conductor, superposición pequeña en el lado del pasajero, lateral, resistencia del techo y reposacabezas y asientos, para las clasificaciones de prevención de choques frontales, el Instituto realiza pruebas de seguimiento de velocidad baja y moderada de vehículos con sistemas de frenado automático, además el IIHS también realiza evaluaciones de los sistemas de faros y del hardware de fijación del asiento para niños conocido como LATCH (IIHS, 2019).

Las colisiones frontales suceden cuando un vehículo impacta de forma frontal a otro o a su vez se produce cuando impacta algún objeto fijo, la mayoría de estos accidentes se deben al consumo de alcohol, velocidad excesiva, o alguna distracción en la vía, este tipo de colisiones tiene el índice más alto de mortalidad, por otro lado una colisión lateral se da cuando un vehículo impacta a otro de forma lateral, según la inclinación puede ser perpendicular o en ángulo y provocar lesiones tales como compresión de tórax, pelvis y extremidades, además que la cabeza también puede sufrir daños al impactarse con la puerta ventana o columna de volante provocando fracturas (Peña Quiroz & Flores Martínez, 2008, pág. 18).

Tabla 2.7 Características de pruebas en programas de evaluación de vehículos

Pruebas	NCAP	IIHS
Colisión frontal	<ul style="list-style-type: none"> • Se realiza a una velocidad de 64km/h. • Impacta con una barrera deformable descentrada. • Solo impacta el 40% de la parte frontal del vehículo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Realiza 3 tipos de pruebas: Superposición moderada, superposición pequeña del lado del conductor y una de superposición pequeña del lado del pasajero. • Todas las pruebas se dan a 64km/h • Superposición moderada: el vehículo es impactado con una barrera deformable de aluminio de poco más de 60cm de altura • Las pruebas de solapamiento pequeño del lado del conductor como del pasajero son iguales: el impacto es contra una barrera rígida de 1.5m
Colisión lateral	<ul style="list-style-type: none"> • Se usa una barrera deformable montada en un carro que impacta al vehículo lateralmente. • La prueba se da a 50km/h en un ángulo recto 	<ul style="list-style-type: none"> • El vehículo es impactado por una barrera de 1,496.85 kg • La prueba se da a 49,89 km/h • Para la calificación los ingenieros analizan 3 factores: Medidas de lesiones del conductor y del pasajero, protección de la cabeza y rendimiento estructural.

Fuente: (IIHS, 2019), (Latin NCAP, 2019)

En la Tabla 2.6 se aprecian las características principales de cada una de las pruebas realizadas por la NCAP así como las de la IIHS de esta forma podemos comparar los factores principales para realizar una evaluación de una colisión frontal como lateral durante una colisión, estos datos se toman mediante datos estadísticos de accidentabilidad recopilados por organización.

2.6 DISEÑO MECÁNICO

2.6.1 CONDICIONES GENERALES

Las condiciones generales son características, dimensiones y limitaciones que se deben tomar en cuenta al momento de diseñar un objeto, puede considerarse al objeto que va a diseñarse como algo dentro de una caja negra, en este caso deben especificarse las entradas y salidas de la caja, junto con sus características y limitaciones, con estas especificaciones se pueden definir costos, la cantidad que se va a manufacturar, la vida esperada, el intervalo, la temperatura de operación y la confiabilidad, además existen limitaciones que se presentan por el entorno en el cual se va a realizar el objeto como los procesos de manufactura disponibles o las normativas a las cuales debe regirse (Budynas & Nisbett, 2008).

2.6.2 SELECCIÓN DE MATERIALES

La selección de un material es una decisión muy importante para la construcción de una pieza o elemento estructural, esta decisión se debe tomar antes de establecer las dimensiones del objeto a construir, una vez seleccionado el procesos para crear la geometría deseada y el material, el diseñador puede realizar el objeto de manera que se evite la pérdida de funcionalidad o que la probabilidad de dicha pérdida de funcionalidad se mantenga a un nivel de riesgo aceptable (Budynas & Nisbett, 2008).

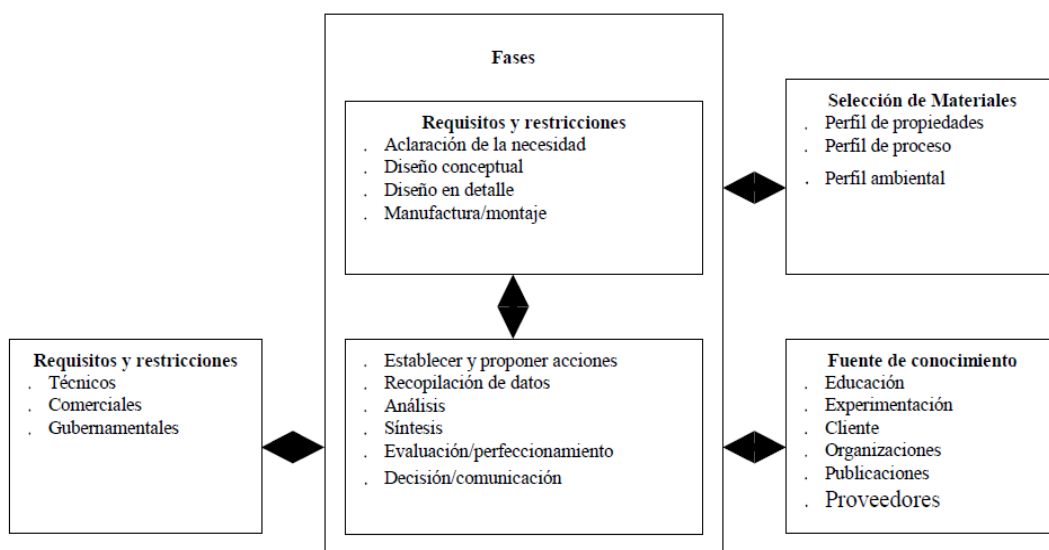


Figura 2.14 Etapas o fases del procedimiento para selección de materiales

Fuente: (González & Mesa G., 2004)

2.6.2.1 Acero al carbono

Es una aleación de hierro con una cantidad de carbono que varía entre 0.03% y 1.075% dependiendo del grado que se necesite, el acero conserva las características metálicas del hierro en su estado puro, pero cuando se adiciona carbono y otros elementos mejora sus propiedades físico-químicas, otra característica muy importante del acero es el hecho que se puede reciclar indefinidamente sin perder sus atributos, se lo usa para la construcción de maquinaria, herramientas, edificios y obras públicas, aeronáutica, industria automotriz, instrumentos médicos, entre otros (alacero, 2020).

2.6.2.2 Aluminio

El aluminio es un metal muy abundante en la corteza terrestre, con un contenido medio de 8,1% lo que representa el tercer elemento después del oxígeno y silicio, su peso específico es de 2.70 g/cm^3 , tiene una baja densidad, alta conductividad térmica y eléctrica, bajo punto de fusión y buenas propiedades mecánicas cuando se usa aleaciones, se utiliza en gran cantidad en aplicaciones aeroespaciales, automóviles, latas de bebidas, y otro tipo de empaques, el aluminio no se puede encontrar en estado puro, este se obtiene con la extracción de bauxita que es tratada para eliminar impurezas y silicatos antes de convertirse en aluminio (Moreno, 2015).

2.6.3 ANÁLISIS DE ESFUERZOS Y CARGAS

El análisis de esfuerzos y cargas se realiza en la estructura para conocer los esfuerzos a los cuales estará sometido la estructura, puesto que puede someterse a varias fuerzas en el transcurso de su vida, estos esfuerzos previamente definidas juntamente con los materiales ayudan a establecer las dimensiones para la construcción de dicha estructura, cabe destacar que estas fuerzas pueden estar presentes en cualquier cara y provocar una deformación de la estructura.

2.6.3.1 Resistencia de materiales

La resistencia de materiales es una parte integrante de la Mecánica de Estructuras, tiene como objetivo fundamental determinar la respuesta de las estructuras cuando estas se ven sometidas a las diferentes acciones que deben soportar durante su construcción, la resistencia de materiales limita su campo de aplicación a ciertos tipos de elementos estructurales (vigas, columnas, etc.) sustentados de ciertas maneras predeterminadas (apoyos simples, articulaciones, empotramientos, etc.) y sometidas a ciertos tipos de acciones (fuerzas puntuales y repartidas, generalmente, y otras acciones definidas de forma adecuada) (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2015, pág. 65).

2.6.3.2 Elasticidad

Al momento de estar sometido a la acción de fuerzas aplicadas, todo cuerpo sólido se deforma, al cesar estas fuerzas el cuerpo tiende a recuperar su forma original, a esta tendencia se denomina elasticidad; En realidad, los sólidos no son ni perfectamente elásticos ni perfectamente inelásticos, es así que las deformaciones que en ellos se producen constan de una parte de deformación elástica, que desaparece al cesar las fuerzas aplicadas, y una parte de deformación permanente, que se mantiene posteriormente, en algunos sólidos cuando las deformaciones permanentes son muy pequeñas, dichos cuerpos se pueden considerar elásticos (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, Resistencia de Materiales, 2015, pág. 37).

2.6.3.3 Momento flector

Una pieza está sometida a una flexión pura cuando sus secciones están solicitadas únicamente por un momento flector. Los esfuerzos axial, cortante y momento torsor son nulos en todas las secciones de la pieza, por su parte, una pieza está sometida a flexión simple cuando sus secciones están sometidas a momento flector variable y, en consecuencia, viene acompañado de esfuerzo cortante, por el contrario, se dice que una sección está sometida a flexión compuesta cuando sobre ella actúa un momento flector y un esfuerzo axial, por otra parte se dice que una pieza está solicitada a flexión pura desviada cuando sobre sus secciones actúa un momento flector uniforme a lo largo de la misma, (Cervera Ruiz & Blanco Díaz, 2015, pág. 149).

2.6.4 RESISTENCIA ESTÁTICA

Cuando diseña cualquier elemento de máquina, el ingeniero debe tener a su disposición los resultados de una gran cantidad de pruebas de resistencia del material elegido, estos ensayos deben realizarse en piezas que tengan el mismo tratamiento térmico, acabado superficial y tamaño que el elemento que se propone diseñar; además, las pruebas deben conducirse exactamente bajo las mismas condiciones de carga a que se someterá la parte en servicio, si la parte se va a someter a carga flexionaste, se debe ensayar con una carga flexionaste, si se va a someter a flexión y torsión combinadas, se debe ensayar bajo flexión y torsión combinadas y si se hace de acero tratado AISI 1040 estirado a 500°C con un acabado esmerilado, las piezas que se sometan a prueba deben ser del mismo material preparado de la misma manera (Budynas & Nisbett, 2008).

2.6.5 SOLDADURA Y UNIONES NO PERMANENTES

Los métodos de sujeción son muy variados por lo cual se detallan los más afines a la sujeción de estructuras de tipo antiempotramiento y de esta manera determinar la más adecuada para la su posterior utilización.

2.6.5.1 Soldadura

La soldadura fue conocida desde el momento en que se consigue fundir materiales que contienen hierro, llamamos soldadura a la unión de dos materiales iguales o de composición parecida esta se da aprovechando la adherencia completa que se da al ser sometidos a altas presiones y temperaturas, según el material de aportación y el gas que se use en el procesos de soldadura existen 3 tipos de los cuales son: soldadura con electrodo revestido SMAW (Shielded Metal-Arc Welding), soldadura por arco eléctrico bajo gas protector con electrodo no consumible TIG (Tungsten Inert Gas) y Soldadura por arco eléctrico bajo gas protector con electrodo consumible MIG/MAG (Metal Inert Gas/ Metal Active Gas) (Carpintero Pino, 2013).

2.6.5.1.1 Soldadura SMAW

Este tipo de soldadura con la ayuda del calor producido por un corto circuito entre un electrodo revestido y la pieza a soldar a esto le llamamos soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido, para realizar este proceso se necesita un equipo de soldeo y el material de aportación o electrodo revestido, debemos tener en cuenta que cualquier cambio pueden influir de manera considerable, el equipo de soldadura es un sistema eléctrico que mantiene una diferencia de potencial entre sus terminales dependiente de la intensidad de corriente que circula por él, estos equipos o fuentes de energía pueden ser según su diseño interno de intensidad constante y de potencia constante, por otro lado el material de aporte es el elemento fundamental del proceso de soldadura ya que a través de este se establece el arco eléctrico (Carpintero Pino, 2013).

2.6.5.1.2 Soldadura MIG/MAG

Este tipo de soldadura utiliza un electrodo continuo que es alimentado automáticamente por un arrastrador, en la actualidad es el método más utilizado porque presenta un gran rendimiento, este método se da mediante la aportación de un hilo que se funde con la pieza protegida por un gas para evitar la oxidación, al uso de gas inerte se le da el nombre de MIG (Metal Inert Gas) y cuando se usa un gas activo lo llamamos MAG (Metal Active Gas), entre unas de sus ventajas tenemos que es el único método que se puede usar para soldar todo tipo de metales y aleaciones comerciales, puede soldarse en todas las posiciones, la velocidad de soldadura es más alta que con soldadura por arco de metal protegido y como la alimentación del cable es continua es posible un cordón más largo sin parar (Carpintero Pino, 2013).

2.6.5.2 Atornillado

Las juntas atornilladas ayudan a formar uniones desmontables, tenemos tres clases de tornillos: los ordinarios o tornillos negros, en estos es obligatorio el uso de arandelas, además los agujeros tendrán 1mm mayor que el nominal del tornillo; los calibrados o ajustados los cuales se exige para los diámetros de agujeros y de espiga un ajuste H 11/h11, para estructura u tornillos que tengan diámetros entre 20 y 30 mm se admite una holgura de 0,3mm entre la espiga y el agujero y los de alta resistencia, se usan tornillos de alta resistencia o AR, estos se introducen con una pequeña holgura en la pieza a unir para ajustarlo mediante apretadura de la tuerca cabeza (Picazo Iranzo, 2007).

2.6.5.3 Roblonado

El roblonado o remachado consiste en una espiga de diámetro \varnothing , la cual tiene una cabeza de asiento, estas espiga tiene la función de introducirse en las piezas y enlazarlas por una perforación previamente realizada, posteriormente a introducirla se le forma una nueva cabeza con la que se cerrara la unión cuando se realiza esto se lo denomina roblón, la segunda cabeza se forma por estampación en caliente ya sea a mano o mecánicamente usando prensas hidráulicas o herramientas de aire comprimido, los roblones usados son de cabeza semiesférica y la perforación donde se lo introduce debe tener 1mm más que el diámetro del roblón, además los roblones constituyen medios de unión puntuales que están solicitados por cortadura o esfuerzo cortante y por aplastamiento, o sea, por la compresión de la espiga contra las paredes de los agujeros (Picazo Iranzo, 2007).

2.6.6 ANÁLISIS DE ELEMENTOS FINITOS

La técnica de análisis por elementos finitos (AEF) consiste en el empleo de los métodos numéricos en la resolución de un problema físico determinado, este método numérico se basa en dividir la geometría en la que se quiere resolver un problema físico, en pequeños elementos en los cuales se resuelven las ecuaciones diferenciales correspondientes a un campo (la temperatura en transmisión del calor, el campo magnético en electromagnetismo, el campo de velocidades en mecánica de fluidos, etc), teniendo en cuenta las propiedades físicas de los materiales empleados, los elementos del entorno de vecindad, las condiciones de contorno y las fuentes generadoras de campo, además existen herramientas de elemento finitos de propósito general o multidisciplinar que permiten resolver varios problemas físicos como son: mecánica de fluidos, transmisión del calor, electromagnetismo, mecánica estructural, etc. y HEF que se aplican a un problema físico específico (Escribano Ródenas, 2006).

CAPITULO III

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Para este trabajo de titulación se utilizó investigación bibliográfica e investigación cuantitativa, las cuales se detallan a continuación.

3.1.1 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA

Para la realización de este proyecto se toma en cuenta información recopilada de libros, informes, páginas web, revistas, normativas, esto nos brindará información valiosa que ayudará como medio de orientación en cada uno de los procesos para realizar el proyecto de forma óptima, la información que se busca son parámetros mínimos y máximos, así como características estructurales relacionadas a el trabajo a realizar.

3.1.2 INVESTIGACIÓN CUANTITATIVA

Para la realización de este proyecto se utilizará investigación cuantitativa ya que con los datos recopilados de normativas se realizarán ensayos en un software CAE y de esta forma analizar los resultados obtenidos y poder definir que opción es la más adecuada para su posterior construcción y de esta forma cumplir los objetivos de este proyecto de titulación.

3.1.3 INVESTIGACIÓN TRANSVERSAL

Se utilizo investigaciones transversas debido que se realizan ensayos, los cuales brindan resultados inmediatos con gran exactitud para ser analizan posteriormente.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

En la realización de este trabajo de titulación se utiliza varios métodos prácticos los cuales son: análisis, toma de mediciones, diseño, simulaciones, optimización y construcción.

Análisis. - Se realiza el análisis de normativas para obtener parámetros mínimos y máximos los cuales deben cumplirse, así como fuerzas utilizadas en las simulaciones.

Simulaciones. – Se realizan simulaciones utilizando los datos recopilados en el análisis de las normativas y las medidas del vehículo mediante SolidWorks

Optimización. - una vez realizado las simulaciones, procedemos a optimizarlo para su posterior construcción.

Construcción. - el modelo ya optimizado es construido y montado en el vehículo previamente seleccionado

Herramientas de medición. – Estas herramientas se las utilizo al momento de la recopilación de las medidas del vehículo para establecer los parámetros de posición de la estructura rigiéndonos con a las normativas.

Computadora. - Esta se la utiliza para la elaboración del diseño, los planos y las simulaciones de la estructura antiempotramiento.

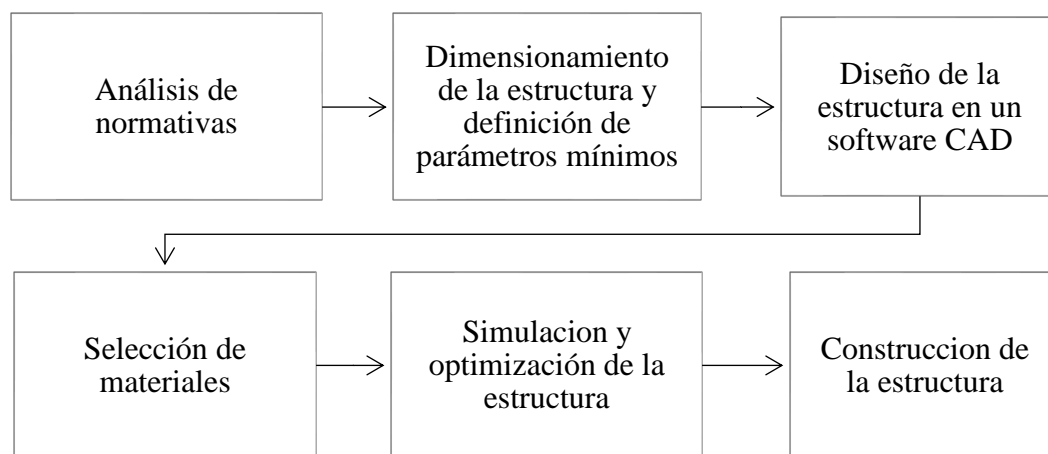
Amoladora. - Se utilizo para el corte de las piezas de acero para la fabricación de la estructura.

Soldadora. - Esta herramienta se uso para la unión de las piezas de acero para conformar un solo cuerpo.

Pintura. - Se utiliza pintura anticorrosiva para evitar la corrosión de la estructura.

La metodología de diseño inicia con el análisis de las normativas tanto nacional como internacionales, para seleccionar los parámetros que se utilizará para el diseño y posterior construcción de los dispositivos, además de esfuerzos a los cuales debe someterse en las pruebas que se realizaran, posterior a esto se realizara el análisis de esfuerzos que lleva a la determinación del comportamiento que tendrá la estructura al momento de recibir un impacto, este comportamiento se caracteriza por representarse mediante deformaciones reacciones entre otros. En esta etapa se define si el diseño y los materiales son los adecuados para cumplir los requisitos de seguridad adoptados. Finalmente se realizará la construcción de la estructura posterior tomando el diseño y los materiales que mejores resultados hayan obtenido en las pruebas después de su análisis y optimización.

Diagrama 3.1 Metodología para realizar el proyecto



En el Diagrama 3.1 de flujo se presentan los pasos para realizar el proyecto desde un punto de vista general indicando la secuencia lógica para el éxito de este.

3.3 ANÁLISIS DE LA NORMATIVA

En el análisis de las normativas se detalla la recopilación de datos más relevantes para el proyecto a realizarse como: dimensiones, esfuerzos, factores de seguridad y materiales que son recomendados a utilizar para la realización de diseños, simulación y construcción de los dispositivos, de esta manera se realizan tablas comparativas para seleccionar los parámetros sin dejar de lado las limitaciones presentes a nivel del país.

Para el caso de la protección lateral se realiza una tabla con los parámetros de la normativa de Brasil debido que en ninguna otra normativa se presenta especificaciones para una protección lateral, se tiene en cuenta que la protección posterior lateral debe diseñarse de modo que no interfiera en la manipulación de cajas de herramientas, baterías, tanque de combustible, entre otras herramientas o componentes del vehículo.

3.3.1 COMPARATIVA DE DIMENSIONES POR NORMATIVA DE LA PROTECCIÓN POSTERIOR ANTIEMPOTRAMIENTO

Tomando en cuenta los datos recabados de las normas vigentes en diferentes países se realizó una tabla de parámetros de posición que deben cumplir los dispositivos de protección traseras en vehículos de carga, para esto se toma como referencia la altura desde el suelo hasta la base del larguero inferior, el ancho del travesaño y la distancia a la que se debe encontrar los extremos del travesaño con respecto a los laterales de la carrocería del vehículo.

Tabla 3.1 Comparativa de parámetros necesarios para homologación de dispositivos de protección trasera en vehículos de carga

Normativas	Altura máxima desde el suelo	Ancho del travesaño	Distancia del lado exterior del vehículo y la protección trasera
Chilena	550mm		150mm
Europea	550mm	100 a 120mm	100mm
Estados Unidos	560mm	100mm Min	
Brasil	400mm	100mm Min	100mm
Canadá	560mm	100mm Min	

En la Tabla 3.1 se puede apreciar los parámetros a cumplir de la protección trasera para evitar que un vehículo pequeño pueda insertarse debajo de este, la altura máxima que debe tener dicho dispositivo desde el suelo hasta la base de su larguero inferior es de 560mm y la altura mínima es de 400mm, por otro lado el ancho del travesaño puede ir de los 100mm a 120mm y por último la distancia que debe haber desde el lado exterior del vehículo hasta los extremos de la protección puede ser máximo de 150 mm esto se debe a que en caso de una colisión de un vehículo pequeño este podría impactarse directamente con los neumáticos.

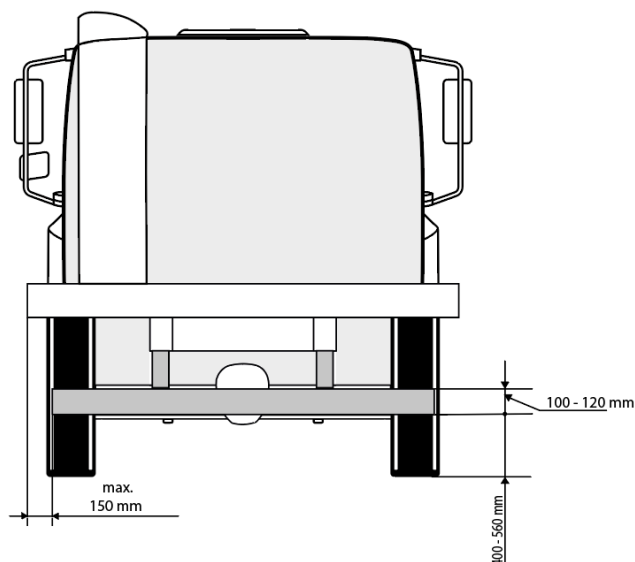


Figura 3.1 Posición de la estructura posterior

En la Figura 3.1 se muestra las restricciones principales a tomar en cuenta para la construcción del dispositivo antiempotramiento posterior (altura, ancho del travesaño y distancia entre el extremo del larguero con referencia al lado exterior de la carrocería).

3.1.2 PARÁMETROS DE UBICACIÓN DE LA PROTECCIÓN LATERAL

En el caso de las protecciones laterales los datos de la normativa brasileña son los más apropiados para el posicionamiento de la protección lateral antiempotramiento, esto se debe a que no se expresan parámetros para dicha estructura en las otras normativas, debido a que estas tienen mayor énfasis en la protección posterior ya que representa un mayor nivel de accidentabilidad según organizaciones que se encargan de dichos estudios privados o gubernamentales.

Tabla 3.2 Parámetros de posición de la protección lateral en el camión

Normativas	Altura máx. desde el suelo	Ancho mín. del travesaño	Distancia máx. entre la base de la carrocería del camión y la estructura	Distancia máx. entre la estructura y los neumáticos
Brasil	550mm	100mm	350mm	300mm

En la Tabla 3.2 según los datos de la normativa brasileña la altura máxima que debe tener la estructura con relación al suelo es de 550mm, el travesaño debe tener mínimo 100mm de ancho, la estructura debe ubicarse a 350mm de la base de la carrocería del camión y por último la distancia a la cual debe estar ubicada la estructura con relación a los neumáticos es de 300mm, adicionalmente se indica en la normativa que debe realizarse un dobles en los largueros hacia adentro el interior del vehículo a 100mm desde el extremo del larguero.

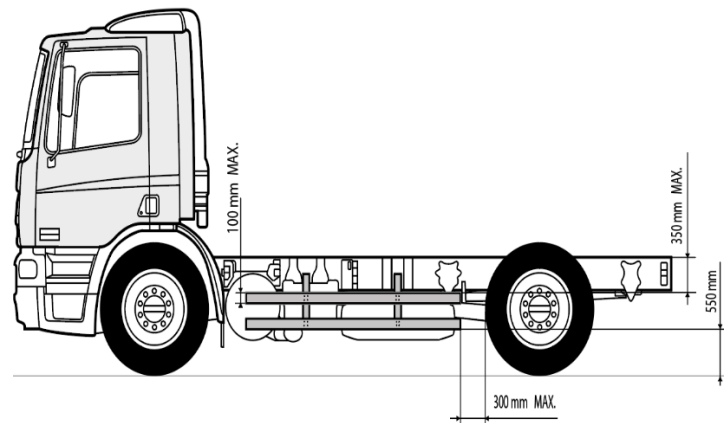


Figura 3.2 Posición estructura lateral

En la Figura 3.2 se grafican los parámetros de ubicación más importantes que debe cumplir la protección lateral antiempotramiento, cabe señalar que estos pueden cambiar solo si representan un obstáculo para alcanzar cajas de herramientas u otros objetos

3.1.3 COMPARATIVA ESFUERZOS A LOS QUE SE SOMETE UN DISPOSITIVO ANTIEMPOTRAMIENTO POSTERIOR

Se realizó una tabla comparativa con las fuerzas a las cuales son sometidos las protecciones dentro de un software de simulación para establecer la deformidad admisible que deben tener estos y poder seleccionar las fuerzas adecuadas para la realización de las simulaciones del proyecto, del mismo modo se debe realizar una comparativa de los puntos donde estarán situadas dichas fuerzas al momento de la simulación. Para el caso de la protección posterior se toman los esfuerzos presentados en la siguiente tabla:

Tabla 3.3 Comparativa de esfuerzos a los que son sometidos los dispositivos de acuerdo con las normativas

Normativa	P1	P2	P3
Estados Unidos	50kN	50kN	100kN
Canadá	50kN	175kN	50kN
Brasil	50kN	75kN	50kN
Chilena	24.52kN	49.03kN	24.52kN

En la Tabla 3.3 se colocan las fuerzas puntuales a las que debe someterse una protección trasera en una simulación, como podemos apreciar el valor de las misma cambia dependiendo de la normativa de cada país teniendo como valores mínimos a Chile y máximos a Canadá y Brasil, teniendo en cuenta los tres puntos dados por las normativas tenemos que el valor máximo y mínimo en el P1 es de 50 y 24.52 kN, en el P2 es de 175 y 49.03 kN y en el P3 es de 100 y 24.52 kN.

Tabla 3.4 Comparación de parámetros de ubicación de las fuerzas para una simulación estática

Normativa	P1	P2	P3
Estados Unidos	802.5mm desde el centro	355-635mm desde el centro	centro
Canadá	802.5mm desde el centro	355-635mm desde el centro	centro
Brasil	200mm desde la parte exterior del camión	350 a 500mm del centro	centro

En la Tabla 3.4 tenemos las medidas en las cuales deben ubicarse los esfuerzos expuestos previamente, con esto encontramos que el P3 debe ubicarse en el centro del larguero, en la normativa de USA y Canadá nos indican que el P1 debe estar situado a 802.5 mm de P3, mientras que P2 puede ubicarse de 355 a 635 mm de P3, por otro lado, en la normativa brasileña tenemos que P1 está situado a 200 mm desde la parte exterior del camión y P2 debe ubicarse de 350 a 500 mm desde el centro.

3.2 DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

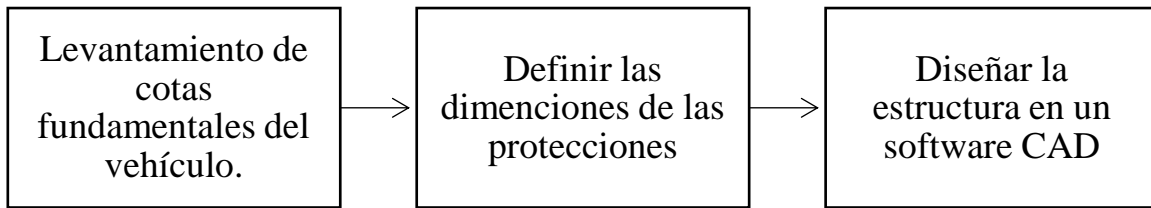
El dimensionamiento de la estructura se realiza con la ayuda de datos obtenidos en la normativa, de las medidas tomadas en el vehículo donde serán posteriormente montados, de esta manera realizamos bosquejos de la forma de los dispositivos para esto utilizamos programas de edición de documentos en este caso Adobe Illustrator las medidas indicadas son las más adecuadas tomando en cuenta los datos recomendados por las normativas y el tamaño del vehículo.

Para realizar el dimensionamiento de las protecciones laterales debemos tener en cuenta que algunos vehículos cuentan con cajas de herramientas y otros objetos cuyo desempeño o uso no debe ser dificultado por la ubicación de las dichas protecciones

3.2.2 DISEÑO DE LA ESTRUCTURA EN UN SOFTWARE CAD

El software que se utilizó para el diseño de los dispositivos fue SolidWorks puesto que es una herramienta muy completa en la cual podemos utilizar medidas exactas y mostrar diseños bajo una perspectiva en 3D, además se puede utilizar para realizar simulaciones de esfuerzos. Para realizar el diseño previamente se tomó medidas del vehículo al cual se le colocará las protecciones, con esas medidas se procedió a realizar un croquis en el programa antes mencionado, el cual utilizaremos para crear nuestra estructura, en caso de no tener las dimensiones del material que necesitamos procederemos a diseñarlo desde cero guiándonos en catálogos de empresas comerciantes de materiales estructurales teniendo en cuenta los costos de dichos materiales.

Para el diseño de la estructura se toma en cuenta todos los datos recopilados en el análisis de las normativas, dimensiones del vehículo y las dimensiones de los materiales que se pueden encontrar en el mercado nacional

Diagrama 3.2 Metodología para realizar el diseño de las protecciones

La primera etapa del diseño se basa en definir el vehículo donde va a ser implementado los dispositivos para posteriormente definir las dimensiones que tendrá la estructura de protección, para esto se tomaran las medidas indicadas previamente en el dimensionamiento de la estructura, al definir el vehículo donde se montara la estructura podemos seleccionar los materiales adecuados cuyo peso no influya en el comportamiento del vehículo.

3.2.2.1 Dimensiones de largueros

Con base en el análisis de normativas y de la medición del vehículo donde se montarán dichas protecciones tenemos como resultado que: en el caso de los largueros se debe utilizar un material que tenga un ancho de 100 – 120 mm con un peso que no dificulte la maniobrabilidad del vehículo, también se debe tomar en cuenta que los largueros no pueden ser redondos ya que no cumpliría con el rango de 100mm de superficie que debe tener.

Por otro lado se define que la protección posterior debe tener una longitud de máxima de 2140mm para cumplir los requisitos presentados en la Figura 3.1, de la misma manera la longitud del larguero de la protección lateral será de 2650mm con esto nos aseguramos que no tendrán contacto con los neumáticos y no representaran obstrucción alguna al buen funcionamiento del vehículo, además de esto los largueros tendrán un doblés hacia el interior del vehículo en sus últimos 100mm de cada extremo lo cual representa menor daño en caso de ser impactado.

3.2.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

3.2.3.1 Requisitos del diseño

La barra antiempotramiento debe ser de un material que soporte esfuerzos grandes, debido que debe resistir el impacto de un vehículo, esta estructura puede deformarse, mas no romperse, por lo tanto el material a utilizar debe ser uno resistente, rígido pero con un nivel de flexibilidad que le permita deformarse sin llegar a romperse, además debe ser resistente a la corrosión o en su caso se le pueda aplicar un tratamiento anticorrosivo, además, su costo de fabricación no debe ser muy elevado y finalmente el peso no debe afectar en el comportamiento del vehículo. Con esta selección de materiales lo que se busca es utilizar el material más adecuado, que cumpla con lo antes mencionado, junto con los requerimientos de las normativas internacionales para de esta forma maximizar la seguridad que brindan los vehículos de carga en caso de una colisión.

3.2.3.2 Restricciones de los materiales

El material debe soportar los esfuerzos a los cuales está sometido en las normativas, sin superar los rangos de elaboración, debe presentar un factor de seguridad de 1 o superior puesto que este es el valor mínimo aceptado en estructuras, al ser una estructura que no estará sometido constante a estos esfuerzos tiene la libertad de deformarse hasta cierto punto, sin llegar al punto de fractura, debe tener una alta durabilidad para esto debe tomarse en cuenta que estará al aire libre expuesto a las condiciones medio ambientales.

En este caso no se podría tomar en cuenta a materiales que no soporten impactos de un nivel considerable, cuya durabilidad ante condiciones ambientales se disminuya considerablemente, que su precio sea muy elevado, que su tiempo de fabricación sea excesivo, que no sea fácil de manipular, etc.

Para una óptima selección de materiales se utiliza el software CEC EduPack como se muestra a continuación:

1. Se realizó una gráfica del Módulo de Young versus Precio

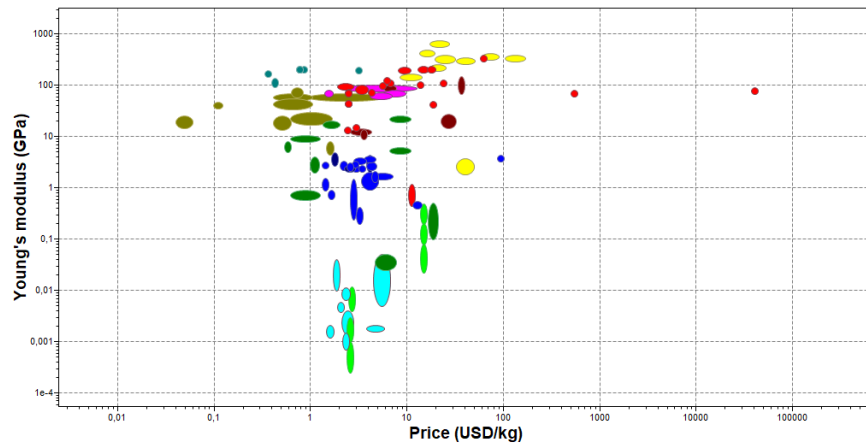


Figura 3.3 Gráfica de materiales comparando Young- Price

Para esto se utilizó el nivel número 2 de la base de datos del software la cual contiene 100 materiales.

2. Se establece un limitante de 10 USD/kg y un Módulo de Young mayor a 10 GPa, con esto buscamos materiales con un nivel de elasticidad alto para que el material soporte el impacto de las fuerzas con las que se realizará las simulaciones y que no su precio no sea muy elevado.

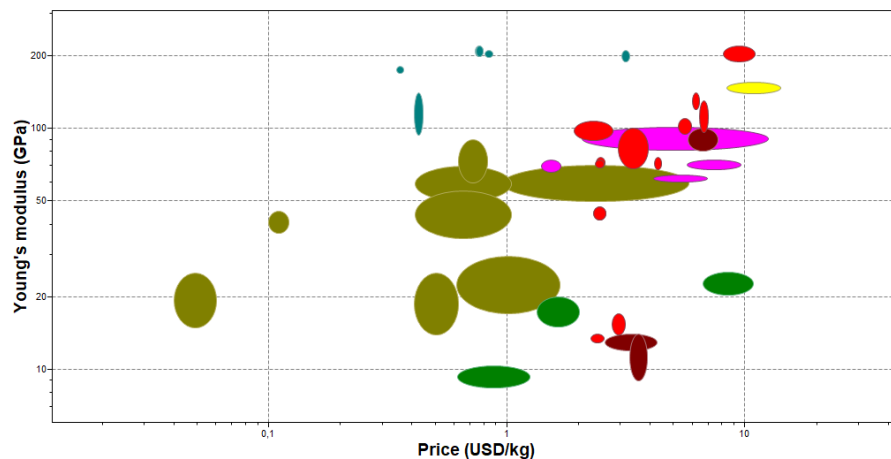


Figura 3.4 Primer filtro de materiales

Luego de aplicarse las dos limitantes el número de materiales se reducen de 100 a tan solo

3. Se establece una limitante de durabilidad muy importante la cual es la resistencia al agua.

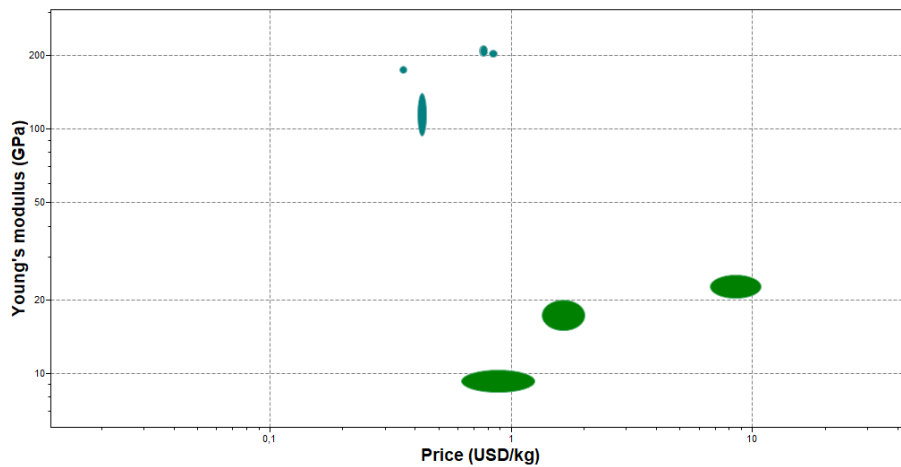


Figura 3.5 Materiales restantes después del segundo filtro

Aplicada esta limitante la cual es importante debido a que la estructura estará totalmente expuesta el número de materiales se reduce a 9 los cuales son: Bamboo, Hierro fundido dúctil, Hierro fundido gris, Madera de roble, acero de alto carbono, acero de baja aleación, acero de bajo carbono, acero de medio carbono y madera blanda.

3.2.3.3 Material propuesto

Se propone utilizar como material principal el acero debido a que cumple con la mayoría de los requisitos planteados para la selección de los materiales, además de contar de un amplio catálogo de perfilera a nivel nacional.

3.2.3.3.1 Acero

Los dispositivos antiempotramiento pueden ser fabricados con tubos o canales de acero como: ASTM A 36, ASTM A 53 GRB y ASTM A 106 GRB, de estos los más utilizados en el medio es el acero ASTM A 36, este también se utiliza para hacer los análisis correspondientes (Amaya Pinos & Loja Quezada, 2017, pág. 42).

Los materiales que se usan para la fabricación de estos dispositivos tienen distintas propiedades como se indica en la siguiente tabla:

Tabla 3.5 Propiedades mecánicas de los aceros

Clasificación de los aceros, según ASTM		Limite elástico		Tensión de rotura	
		Ksi	MPa	Ksi	MPa
ASTM A36		36	250	58 - 80	400 - 500
ASTM A53	Grado B	35	240	> 60	> 60
ASTM A106	Grado B	35	240	> 60	> 60
ASTM A131	Gr A, B CS, D, DS, E	34	235	58 - 71	400 - 490
ASTM A139	Grado B	35	240	> 60	> 415
ASTM A381	Grado Y35	35	2402	> 60	> 415
228 ASTM A500	Grado A	33	228	> 45	> 310
	Grado B	42	290	> 58	> 400

Fuente: (Amaya Pinos & Loja Quezada, 2017, pág. 42)

El Acero A36 es un acero estructural al carbono, que se utiliza para la construcción de estructuras metálicas como: puentes, torres de energía, torres para comunicación y edificaciones que necesiten ser remachadas, atornilladas o soldadas, herrajes eléctricos y señalización (Gutiérrez Rivera & Sanipatin Simbaña, 2018).

Tabla 3.6 Composición química

Carbono (C)	0,26 % máx
Manganeso (Mn)	No hay requisito
Fósforo (P)	0,04 % máx
Azufre (S)	0,05 % máx
Silicio (Si)	0,40 % máx
Cobre (Cu)	0,20 % mínimo

Fuente: (Gutiérrez Rivera & Sanipatin Simbaña, 2018)

3.2.3.3.1.1 Acero negro

A nivel nacional hay varias empresas que comercializan acero en distintas presentaciones, las más utilizadas para construcción de estructuras son los de acero negro o galvanizados, el acero negro presenta un costo inferior pero también un inconveniente el cual es la carencia de una cubierta anticorrosiva para evitar que la estructura se oxide, por lo tanto, se debe realizar un proceso de recubrimiento lo cual representa un costo adicional.

3.2.3.3.1.2 Acero galvanizado

El acero galvanizado representa una protección anticorrosiva a la estructura a construirse, pero también representa incremento en el costo de construcción, ya que debido al proceso de galvanizado el costo del acero se incrementa.

3.3 SIMULACIÓN Y OPTIMIZACIÓN DE LA ESTRUCTURA

Este estudio se realizará con el fin de seleccionar el modelo más adecuado que cumpla con los requisitos estructurales presentes en las normativas, además que soporte los esfuerzos presentes en las normativas a los que es sometido una estructura antiempotramiento a nivel internacional.

Para comprobar que las protecciones cumplan con los requerimientos de seguridad de las normativas se procede a realizar una simulación estática de esfuerzos puntuales mediante SolidWorks versión 2018, dichos esfuerzos se obtienen mediante el análisis de las normativas y se realiza los ensayos con todas las variantes de fuerzas para de esta forma constatar que material y que diseño es el adecuado para su posterior fabricación y montaje, dichas fuerzas serán ubicadas en los puntos que nos indican los parámetros de las normativas en caso de un ensayo estático, luego de realizar los ensayos con cada uno de los materiales y dimensiones de las estructuras se selecciona el que nos proporcione mayor seguridad y rendimiento para ser optimizado de ser necesario.

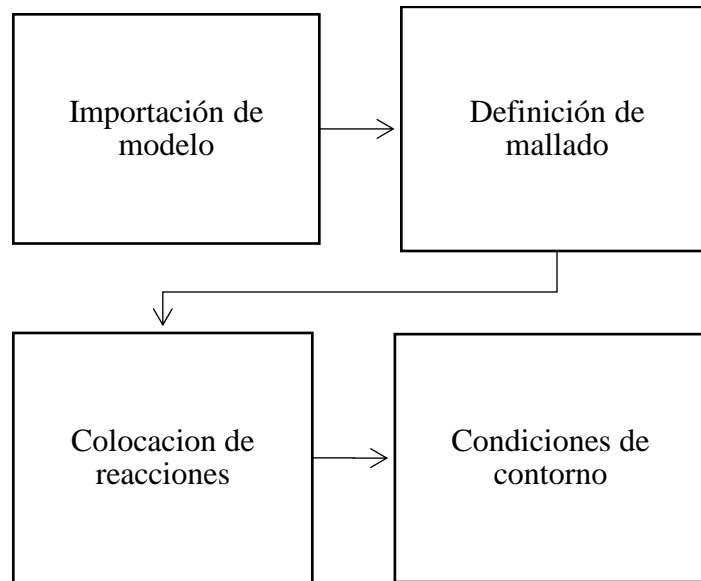
Para realizar este análisis, cuento con un equipo cuyas características son las siguientes:

- Memoria RAM 4 Gb Disco solido
- Procesador Intel (R) Core (TM) i5
- Sistema operativo Windows 10.
- Disco duro 1000 Gb
- 64 bits en sistema operativo
- Marca del computador LENOVO

3.3.1 MODELADO

El estudio de los distintos modelos se realizará por medio de un análisis de elementos finitos el cual es un método computarizado que se usa para predecir el comportamiento de un objeto ante la aplicación de un esfuerzo y de esta manera saber si la estructura se romperá, fallará o funcionará tal y como se predijo, este tiene varias aplicaciones tales como: análisis estático y dinámico, lineal y no lineal, de esfuerzo y de deflexión; vibraciones libres y forzadas, entre otros. El modelado se realizó en el programa SolidWorks versión 2018, debido a que presenta mayor facilidad a la hora de modelar una estructura y una amplia gama de herramientas y procesos para diseños utilizando croquis en 3D, tales como insertar piezas soldadas, extruir de saliente, extruir de corte y redondeo de esta manera fue posible crear los distintos diseños a los cuales se realizará la simulación estática de esfuerzos puntuales. También cuenta con complementos como lo es, la herramienta de SolidWorks simulation la cual nos permite un análisis a profundidad debido a que cuenta con distintos tipos de análisis a realizar tales como: Análisis estáticos, estudio de frecuencia, simulaciones térmicas, pandeo, fatiga, no lineal, dinámica lineal, submodelado, caída.

Diagrama 3.3 Proceso para análisis de elemento finitos



3.3.1.1 Importar modelo

En este caso ya que la simulación se la realizará en el mismo software el cual es SolidWorks utilizando el complemento de SolidWorks simulation no es necesario transformarlo a otro formato debido que se puede someter a el análisis directamente una vez la pieza o estructura esté terminada, esto no significa que no se pueda realizar una importación del diseño para realizar las simulaciones en otro software.

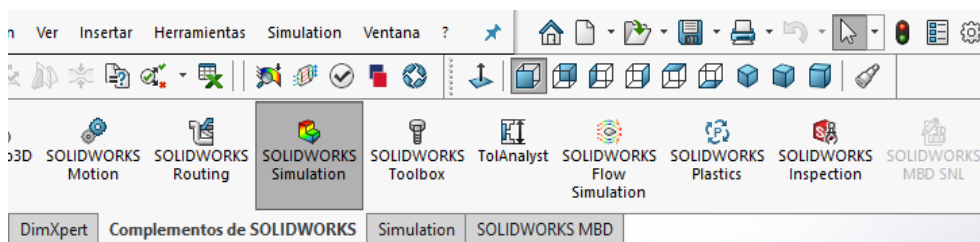


Figura 3.6 Complemento SolidWorks simulation

3.3.1.2 Definición de mallado

Se realiza una verificación de malla con visualización jacobiana para determinar el coeficiente jacobiano, teniendo en cuenta que una malla es aceptable siempre y cuando el coeficiente jacobiano es menor a 40, tomando como ejemplo el modelo número 1 se obtiene los siguientes resultados:

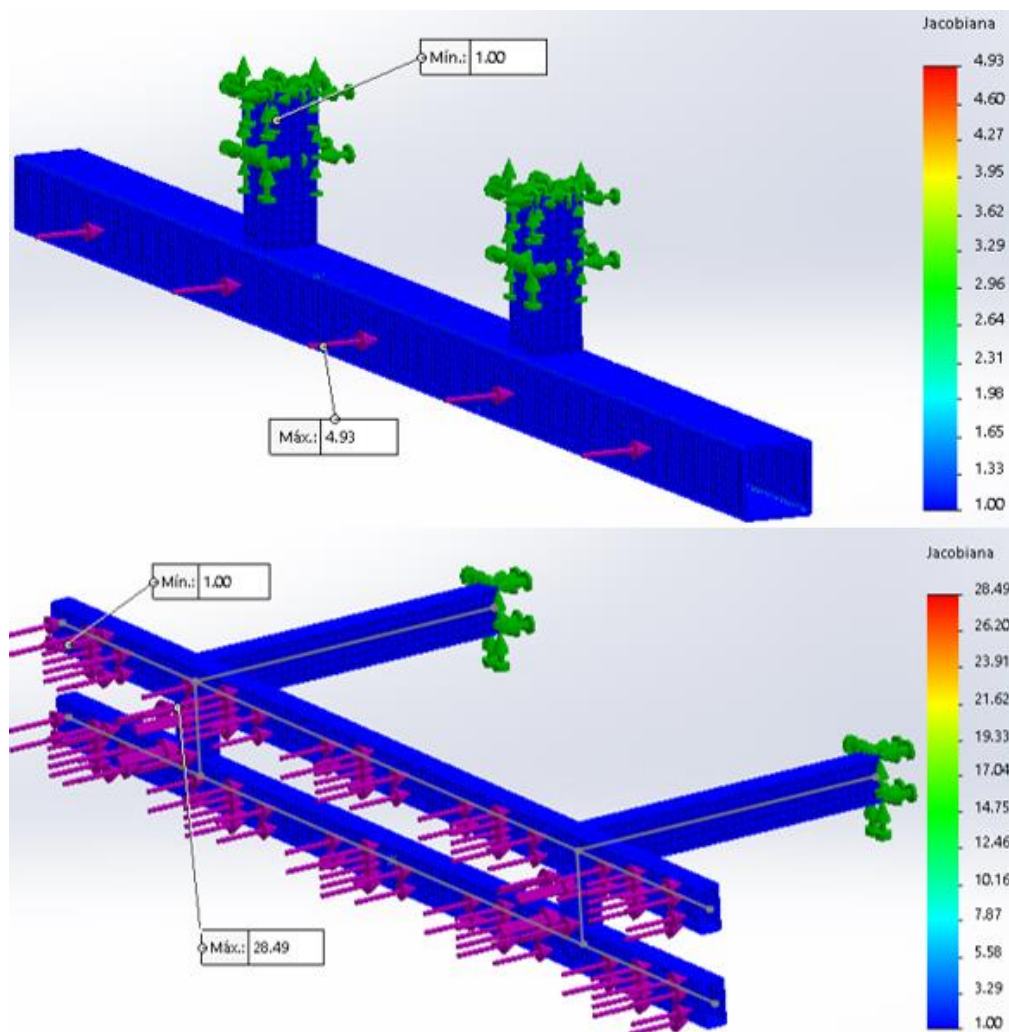


Figura 3.7 Coeficiente Jacobiano

El coeficiente jacobiano máximo permisible en SolidWorks es de 40, mientras el coeficiente jacobiano esté más cerca de 0 el estudio tendrá mejores resultados.

Mediante el proceso del mallado se busca definir la geometría exacta del objeto o estructura a estudiar y así poder determinar las concentraciones de esfuerzos en un lugar específico teniendo. Antes de establecer un tipo de mallado debemos conceptualizarlos y analizarlos para un correcto uso, acorde a cada modelo a estudiar, en el software SolidWorks podemos encontrar tres tipos de mallado además del mixto que es una combinación entre ellos dependiendo de las piezas usadas en el diseño, estos son: Malla sólida o tetraédrica, malla de vaciado o triangular y la malla de vigas.

En el caso de usar tubos para la elaboración de la estructura se usará la malla de sólidos la cual crea una malla sólida con elementos sólidos tetraédricos 3D para todas las estructuras sólidas, en caso de usar chapas metálicas con espesor uniforme se usará la malla de vaciado ya que ésta utiliza un mallado con elementos de vaciado triangular, finalmente en los casos en los cuales se deba mallar una estructura de tubos y chapas metálicas se utilizará un mallado mixto ya que este define automáticamente un tipo de malla para cada geometría que esté presente en el modelo de estudio. Para cualquier caso que se presente se utilizará un mallado fino para un mejor análisis y obtención de datos más exactos.

3.3.1.3 Colocación de reacciones

Cada una de las normativas menciona los esfuerzos utilizados para la simulación de un impacto posterior, los esfuerzos seleccionados serán los que tengan mayor valor, esto lo realizamos para asegurarnos que la estructura pueda soportar los esfuerzos a los cuales están sometidos en cada una de las normativas, en caso de que la estructura llegue al sobredimensionamiento y pueda influir en la maniobrabilidad del vehículo debido a un peso excesivo, se tomará como referencia los valores de una sola normativa.

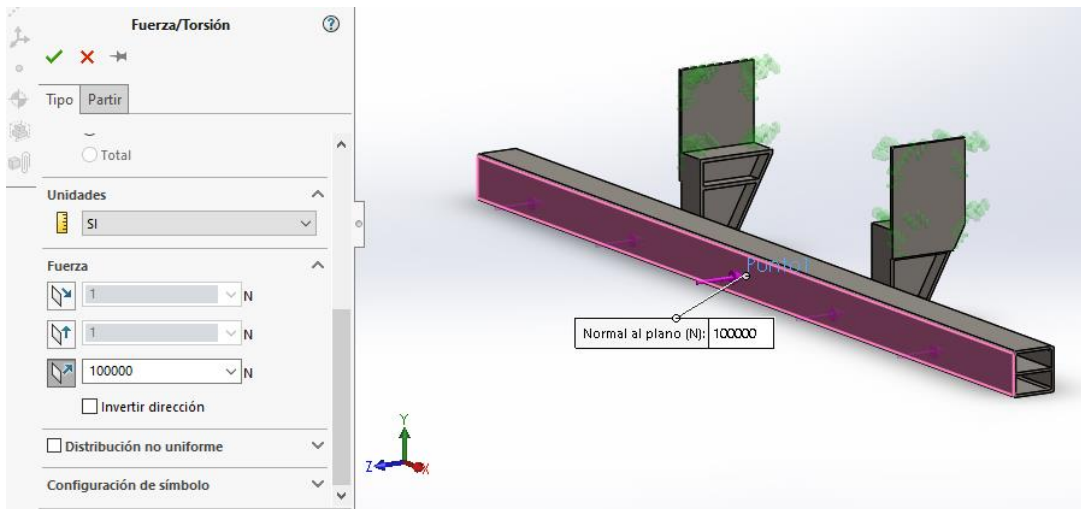


Figura 3.8 Colocación de fuerzas

Previo a la colocación de los esfuerzos es necesario establecer los puntos de fijación de la estructura, estos pueden ser aristas, puntos, juntas o caras. Para la simulación se colocarán 5 fuerzas puntuales a lo largo del larguero principal de la estructura, estas estarán ubicadas en puntos estratégicos previamente definidos por medio del análisis de las normativas, cabe destacar que dichas ubicaciones no pueden cambiarse debido a que deben cumplirse los requisitos de simulación dictados por las normativas internacionales.

3.3.1.4 Condiciones de contorno

Para este proyecto se aplicarán fuerzas puntuales ubicadas perpendicularmente a la cara frontal de un sólido el cual en este caso es el travesaño de la estructura los cuales serán simulados dentro de un análisis estático, el cual estará sostenido por dos vigas de apoyo fijas por soldadura o a su vez juntas empernadas en la parte superior de las misma, a las cuales se les aplicará un mallado tetraédrico o mixto acorde a las necesidades para posteriormente realizar un análisis estático de esfuerzos puntuales.

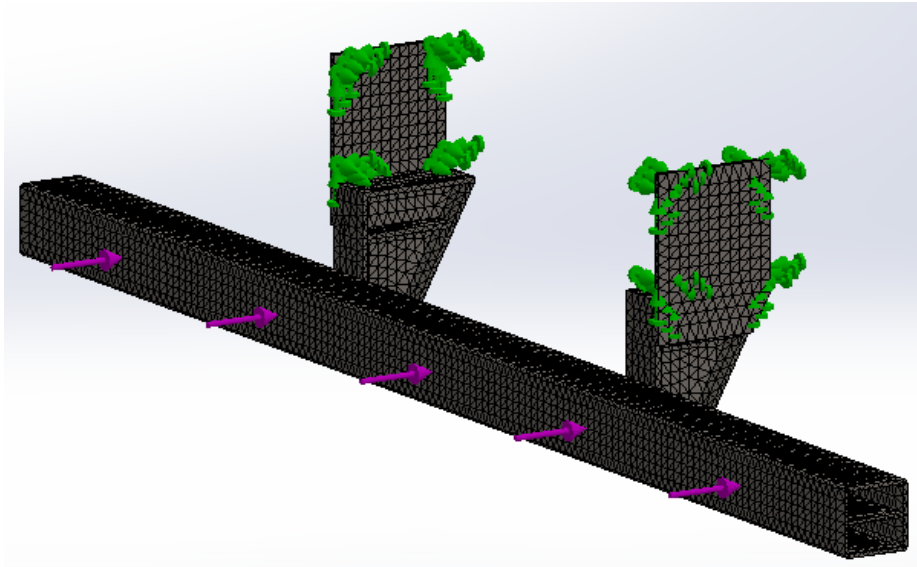


Figura 3.9 Condiciones de contorno

Se debe definir como se tratará a la estructura ya sea un sólido, una viga o una combinación de estos debido que estos aspectos influyen en los resultados que se obtendrán. Una vez realizado estos procesos se definen los resultados más importantes que se deben analizar, los cuales son: Desplazamiento, Tensión (Von Mises) y el factor de seguridad.

3.3.2 RESULTADOS REFERENCIALES

Como todo estudio es necesario establecer valores referenciales para los resultados ya sean máximos o mínimos, esto nos ayudará a definir límites para el uso de materiales y no sobredimensionar la estructura, los valores óptimos para la aprobación de un diseño para la posterior fabricación se los obtuvo con el análisis de la normativa, además de la investigación de otros estudios realizados y estos datos son los siguientes:

Tabla 3.7 Resultados referenciales esperados

Característica	Valor
Tensión máxima	250 MPa
Desplazamiento máximo	40 cm
Factor de seguridad mínimo	1

3.3.3 OPTIMIZACIÓN

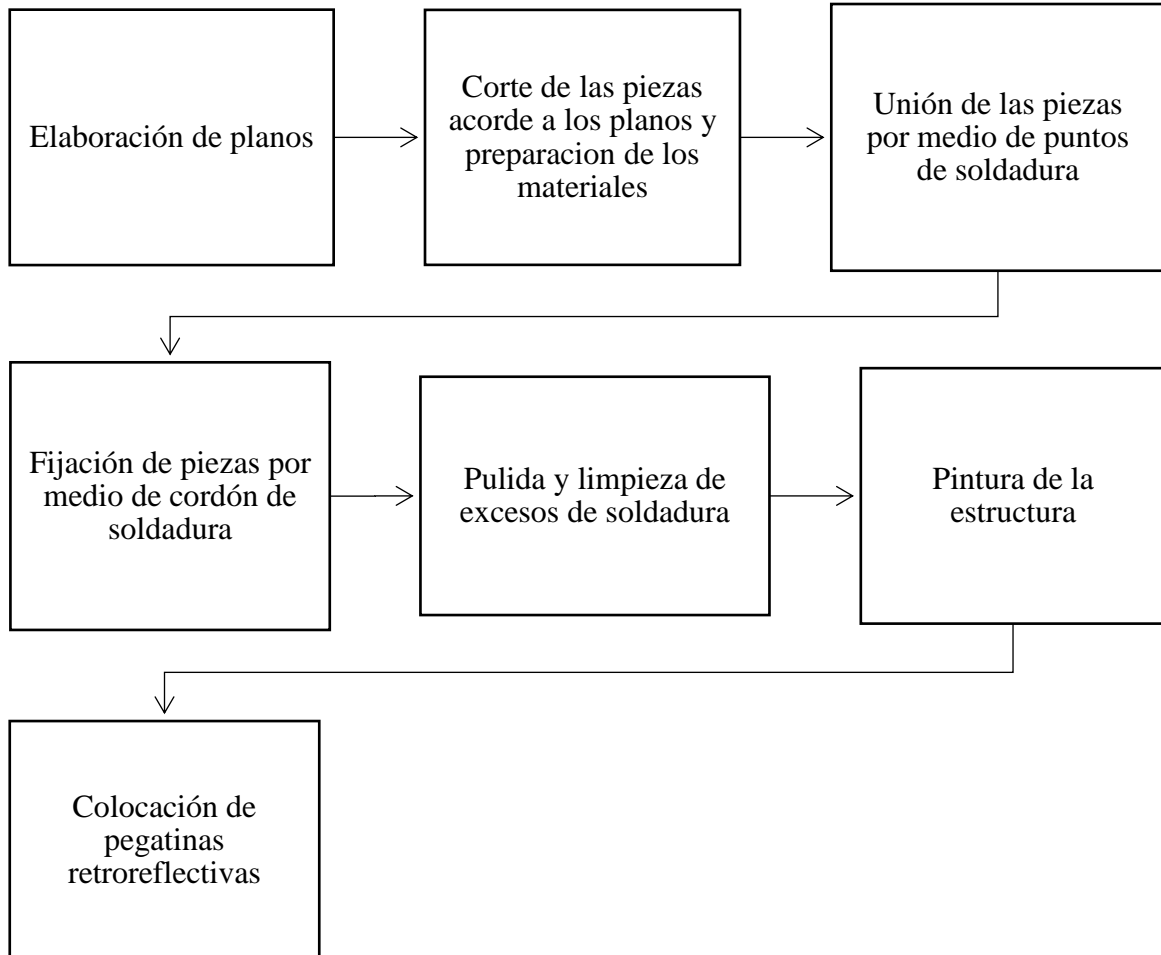
La optimización se la realizará una vez realizadas las pruebas necesarias para que la estructura alcance los parámetros necesarios para cumplir las normativas, esto se llevará a cabo ya sea con el cambio de dimensionamiento de los componentes de la estructura o a su vez con la modificación del diseño de esta, una vez ajustadas las modificaciones se procederá a la simulación del nuevo diseño y en caso de no cumplir con los parámetros necesarios, se replanteara el diseño.

3.4 CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE

Una vez realizado el análisis de las normativas, el dimensionamiento, las simulaciones y la optimización respectiva, procedemos a la construcción, la cual debe ser acorde al diseño luego de ser optimizado, y con el material previamente seleccionado en el apartado 4.4 , en el caso de las piezas soldadas se la realizará con soldadura SMAW y MIG y en caso de piezas atornilladas se tomará en cuenta las restricciones que presenta el bastidor en el manual de carroceros para la realización de estos métodos de ensamblaje.

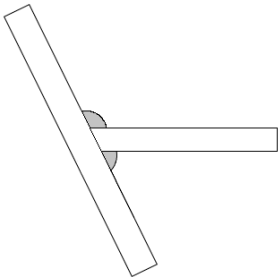
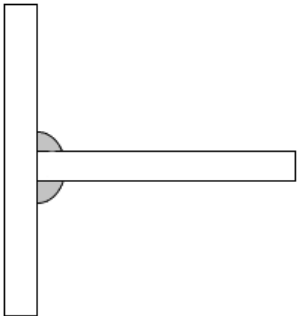
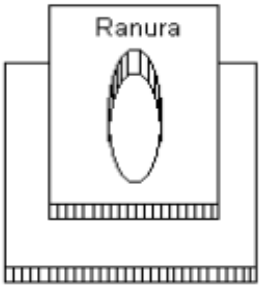
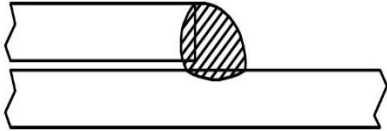
Los pasos para seguir serán los detallados a continuación:

Tabla 3.8 Proceso de construcción



Una vez realizados los planos, se procede al corte de las piezas y prelación previa para la soldadura, esto con el fin de obtener mejor sujeción de las piezas

Tabla 3.9 Preparación del material

Control de soldadura		
Soldadura en ángulo con bisel		En las placas de refuerzo se realiza un bisel de 61.67° en uno de sus extremos y se procede a soldar de forma angular.
Soldadura en ángulo de 90°		La Placa interna de los travesaños serán unidas con las placas externas por medio de soldadura en ángulo de 90°
Soldadura en ranura		Este tipo de soldadura se realizará en el larguero principal, con el fin de fijar la placa interna de refuerzo. Se realiza cortes de $100 \times 10 \text{ mm}$ en la cara delantera y posterior del larguero principal.
Soldadura de solape		La soldadura de solape será utilizada para unir los travesaños con el larguero.

Las piezas cortadas son fijadas por medio de puntos de soldadura con electrodos 6011, una vez ubicadas las piezas en su lugar se realiza un cordón de soldadura con electrodos 6013 para las estructuras de fijación al bastidor, en lo que concierne al larguero principal se realizan 4 cortes de 10cm en el centro de dos caras paralelas del tubo principal para sujetar la platina interna de refuerzo por medio de soldadura MIG.

Para el montaje se tomará en cuenta dos alternativas las cuales son: soldadura y empernado, para esto se analizará el manual de carroceros del vehículo donde se montará la estructura, se debe tener en cuenta que los orificios de taladrado y soldadura hacen fluctuar los esfuerzos en el bastidor, lo que puede ocasionar deformaciones o grietas. En la siguiente figura se indica las áreas prohibidas para taladrar o soldar, por ningún motivo se debe realizar estos procedimientos en las áreas sombreadas. Además, para realizar agujeros solo se los puede hacer mediante taladro, está prohibido usar oxicorte.

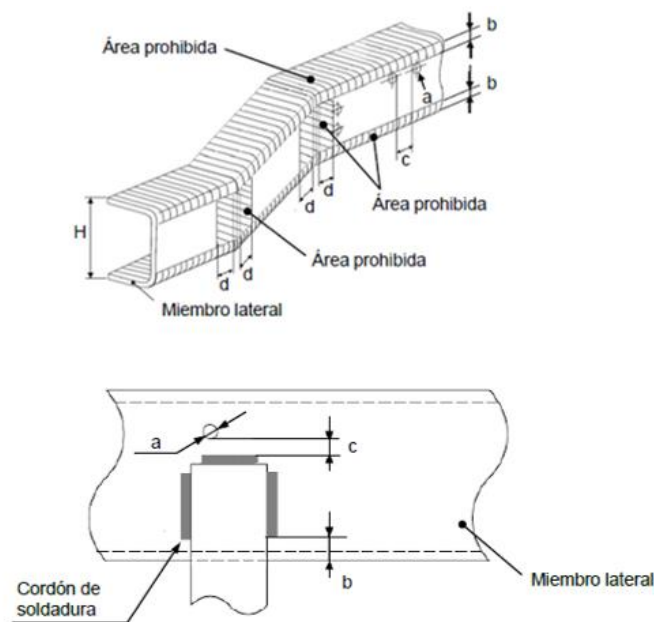


Figura 3.10 Áreas de trabajo prohibidas en el bastidor

Acorde a la Figura 3.9 se debe mantener las siguientes dimensiones durante el trabajo, estas no pueden superarse debido a que la estructura del bastidor podría presentar deformaciones e incluso agrietamiento. En el caso de la sujeción por medio de empernado se usará pernos de alta resistencia sin rebasar las dimensiones permisibles de los agujeros.

Tabla 3.10 Áreas de trabajo prohibidas para soldadura y taladrado

	a (Diámetro máximo de agujeros)	b (área de trabajo prohibida)		c (mínima distancia requerida)	d (mínima distancia requerida)
Vehículos Pesados	17mm	H/5	H/7	40mm	30mm
Vehículos medianos	15mm				
Vehículos livianos	11mm	20mm		25mm	

En caso de reforzamiento el material de refuerzo debe ser equivalente al material del bastidor, se recomienda usar material en forma de L, no se recomienda el uso de material en forma de C, para la colocación de refuerzos se debe realizar por medio de remachado o soldadura de tapón.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.RESULTADOS DE ANÁLISIS DE NORMATIVAS

4.1.1 POSICIÓN DE LA ESTRUCTURA

Mediante un análisis minucioso de las normativas tanto nacionales como internacionales se obtuvo los siguientes valores con respecto a la posición que debe tener una estructura antiempotramiento posterior como lateral:

En el caso de la protección posterior debe estar a una altura que puede variar entre 400 a 560 mm con respecto al suelo, por lo tanto, teniendo en cuenta que mientras más bajo este la estructura proporciona mayor seguridad y que se debe considerar que con el vehículo cargado su altura disminuirá, para este proyecto, la posición de la base del larguero inferior será de 500 mm con respecto a la calzada, además los extremos de la estructura deben estar a 150mm con respecto a la cara exterior de la carrocería del vehículo para proporcionar mayor área de protección.

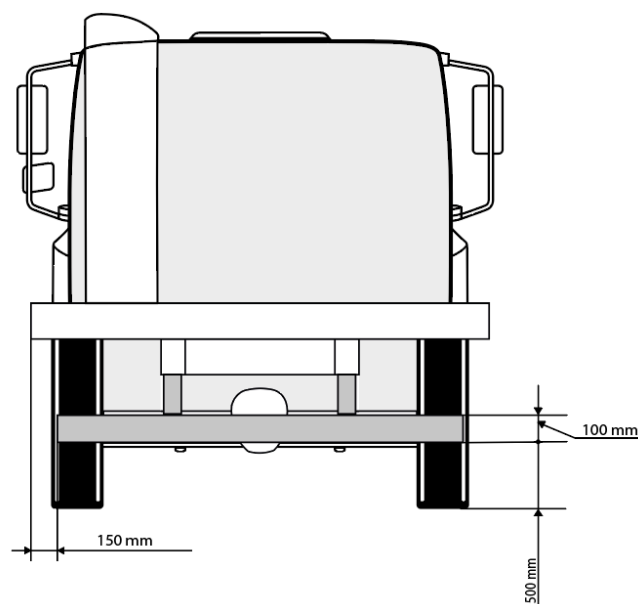


Figura 4.1 Posición de la barra antiempotramiento posterior

En el caso de la protección lateral, estará ubicada a una altura de 500 mm entre el larguero inferior y la calzada, además el larguero superior estará a una distancia de 350mm con respecto a la base de la carrocería, por ultimo los extremos de la estructura estarán a 300mm de separación de los neumáticos con una curvatura de 100mm en sus extremos, esto para minimizar daños al momento de una colisión.

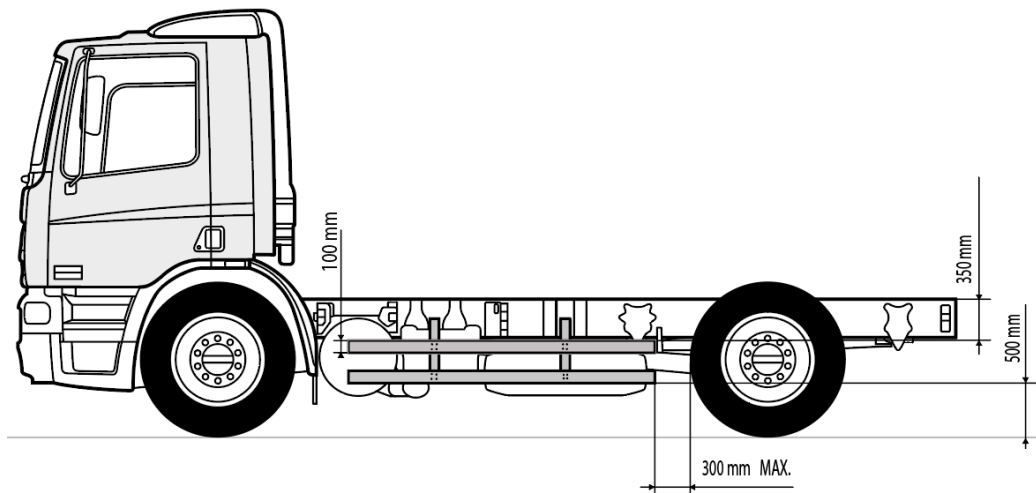


Figura 4.2 Posición de protección antiempotramiento lateral

4.1.2 CARGAS

Acorde a las fuerzas expuestas en las normativas y analizando de la comparativa en la Tabla 3.3 se seleccionan las siguientes fuerzas para ser aplicadas en la estructura durante la simulación: en el punto 1 se aplicará una fuerza de 50kN, en el punto 2 se aplicará una fuerza de 175kN y por último en el punto 3 se aplicará una fuerza de 100kN, estos datos se tomaron haciendo referencia a los valores más altos obtenidos en la comparativa de las normativas ya que de esta manera los resultados cumplirán con los parámetros de seguridad de cada normativa estudiada, en caso de que se presente un sobredimensionamiento que dificulte el normal comportamiento del vehículo por la influencia del peso de la estructura se deberá utilizar esfuerzos de una de las normativas.

La razón por la cual no se utiliza una fuerza uniforme sobre toda la estructura es porque un conductor al tratar de evitar la colisión, intenta evadir al vehículo pesado lo cual llevaría en ciertos casos a impactarse sobre el 40% de la superficie de la estructura, la razón por la cual las fuerzas en la parte media son más altas es porque al estar más cerca de la zona fijada al vehículo es más rígida ante un impacto lo cual no le permite ceder ante el impacto su lo cual concentra la fuerza de impacto.

En el caso de la estructura antiempotramiento lateral se aplicará una fuerza de 1kN como se indica en la normativa 89/97/CEE y la UNECE-R 73, debido a que hasta la actualidad se sigue usando como referencia esta normativa.

4.1.2.1 Ubicación de las fuerzas

Tomando en cuenta los datos recopilados en las normativas se elige los siguientes puntos para la aplicación de las fuerzas en una simulación.

Tabla 4.1 Ubicación de los puntos donde se aplicará las cargas en la simulación

Punto 1	Punto 2	Punto 3
802.5mm	400mm	Centro

Los datos expresados en esta tabla son la posición de los puntos en los que se aplicarán las fuerzas puntuales durante la simulación, con esto decimos que P1 estará ubicado a 802.5mm desde el centro, P2 estará ubicado a 400mm desde el centro y finalmente P3 estará ubicado en el centro de la estructura, estos datos se seleccionaron porque son los más utilizados en las normativas ya que son puntos críticos de la estructura a la hora de soportar un impacto.

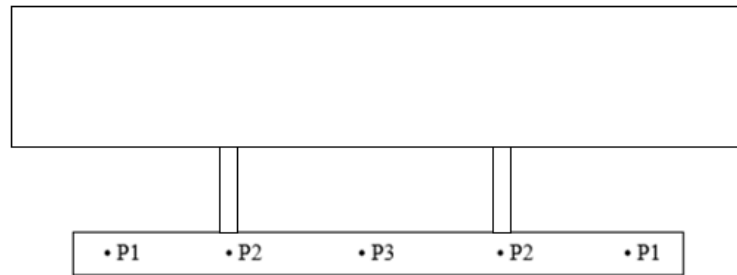


Figura 4.3 Representación de protección contra el empotramiento posterior

En la Figura 4.3 se indica los puntos en los cuales se procederá a la aplicación de las fuerzas para las pruebas estáticas de esfuerzos puntuales en el Software CAE, el cual para este caso será SolidWorks, a estos puntos se les someterá las fuerzas previamente seleccionadas mediante el análisis de las normativas tanto nacional como internacionales.

En el caso de las estructuras laterales se colocará una fuerza uniforme sobre toda la cara frontal de la estructura.

4.2 MATERIALES

Mediante el uso del software CES EduPack el cual está diseñado para la selección de materiales bajo una gran gama de parámetros, además del análisis de requerimientos presentes en las normativas. El material de fabricación seleccionado fue el acero negro ASTM A 36 debido a varios factores como:

- Propiedades físicas favorables ante grandes esfuerzos
- Facilidad de obtención y alta gama de dimensiones en perfiles y tubos
- Costos inferiores al acero galvanizado y al aluminio
- La mano de obra es más económica a comparación del acero galvanizado y el aluminio
- Mayor facilidad a la hora de ser soldada.
- Es el material más utilizado para la construcción de este tipo de protecciones.
- Tiene una resistencia al agua aceptable, la cual se puede aumentar mediante la aplicación de pintura anticorrosiva

4.3 RESULTADOS DE SIMULACIÓN

Para que un modelo sea aceptado deberá cumplir el requisito mínimo propuesto en las normativas, el cual es; un desplazamiento máximo de 40cm, adicionalmente se tomara como valores referenciales el límite elástico, tensión de rotura y factor de seguridad. Una vez analizados estas características se definirá el modelo a construir.

4.3.1 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO MODELO 1

El modelo número 1 es uno de los diseños más usados en vehículos de carga, pero mal utilizados, puesto que son usados como grada y no cumplen con las dimensiones para dar la seguridad necesaria en la carretera.

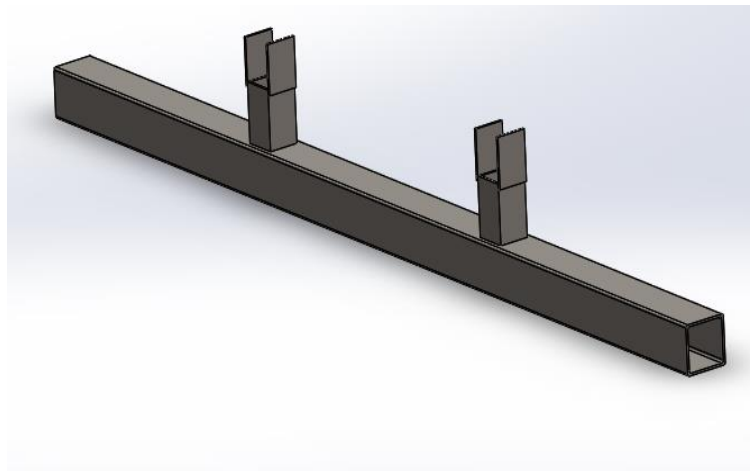


Figura 4.4 Diseño modelo número 1

Este modelo se encuentra conformado por un tubo cuadrado de 2140x100x5 mm como travesaño, dos tubos cuadrados de 120x70x5 mm los cuales se usan como parantes y finalmente 4 placas de 100x70x5 mm que van sujeta al bastidor. Esta estructura tiene una masa de 35.47 kilogramos.

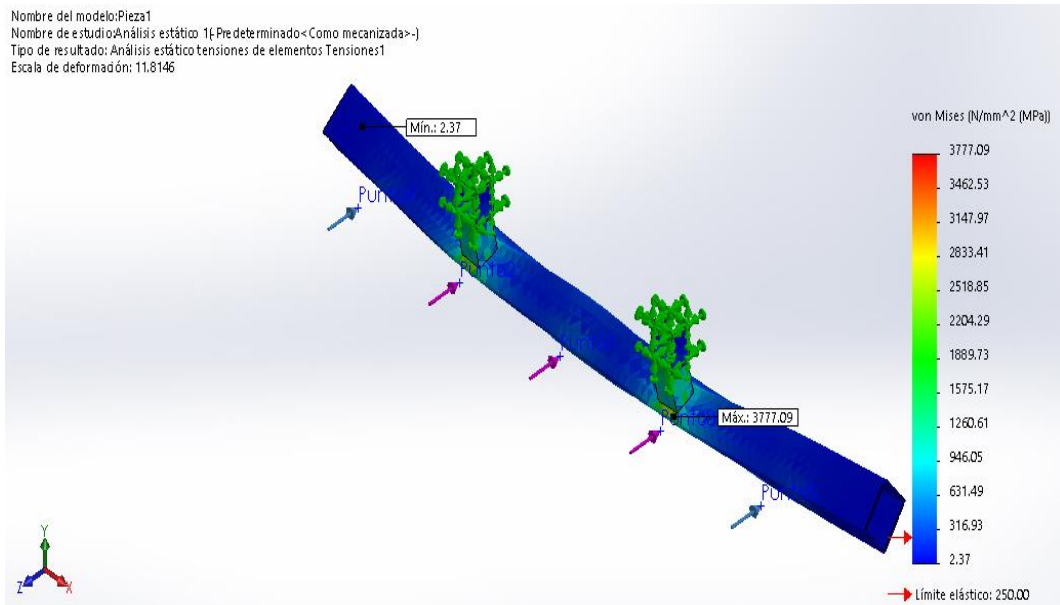


Figura 4.5 Tensión mínima y máxima sobre el modelo 1

Con respecto al estudio de tensión se toma como referencia el criterio de Von Mises, el valor máximo obtenido es 3777.09 MPa el cual está ubicado en la zona de contacto del travesaño con los parantes, este valor al compararlo con el límite elástico del material el cual es 250 MPa y la tensión de rotura máximo el cual es MPa, concluimos que el dimensionamiento de la estructura no es adecuado debido a que los parante superan este límite en la zona de unión con el larguero.

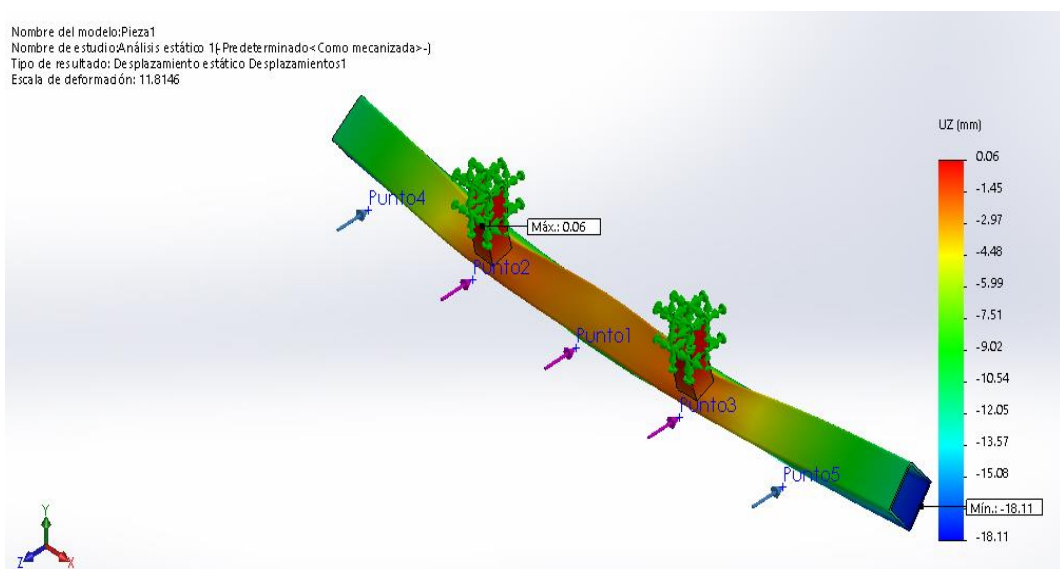


Figura 4.6 Desplazamiento realizado por el modelo 1

En cuanto al desplazamiento de la estructura se obtiene un valor máximo de 18.11 mm, es decir 1.811 cm, el cual está ubicado en los estemos del travesaño, comparándolo con el valor admisible en las normativas, se encuentra dentro de los valores admisibles puesto que el valor máximo de deformación es de 40cm con respecto a su posición original.

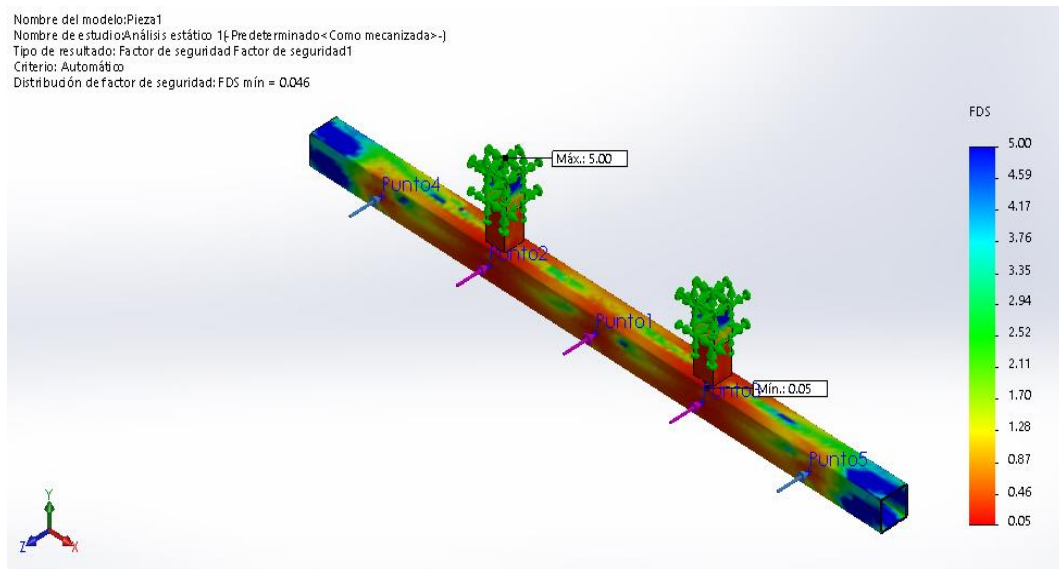


Figura 4.7 Factor de seguridad del modelo 1

Finalmente, con respecto al factor de seguridad, se obtiene un valor mínimo de 0.05 el cual se encuentra ubicado en la zona donde van ubicados los parantes de la estructura, muy cerca de los puntos donde esta aplicada una fuerza de 175 kN. Con esto concluimos que la estructura no es la adecuada debido a que el factor de seguridad mínimo necesario es 1 y gran parte de la estructura se encuentra por debajo de este límite admisible.

4.3.2 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO MODELO 2

Este modelo es una variante del anterior donde se utilizará ángulos en lugar de tubos para sujetar la estructura al vehículo, con el fin de disminuir su peso.

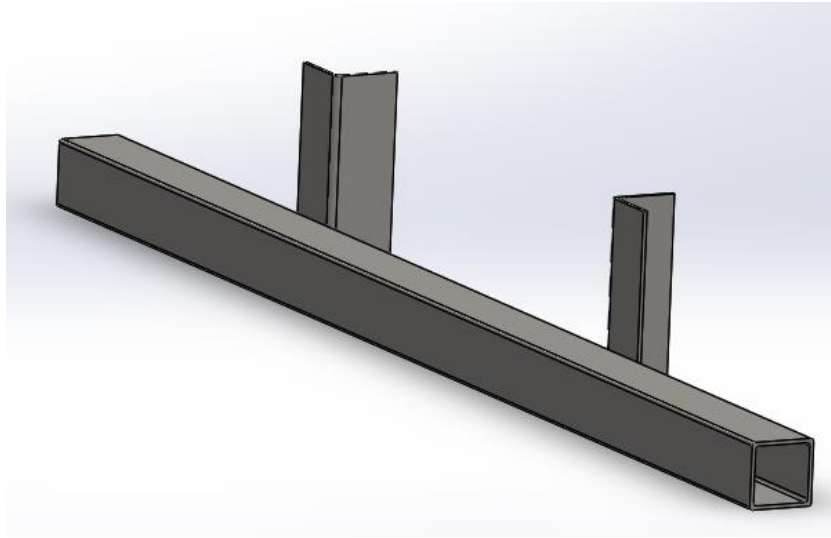


Figura 4.8 Diseño modelo numero 2

Se realizo un análisis estático de esfuerzos puntuales en una estructura que consta de un larguero principal conformado de un tubo cuadrado de $100 \times 100 \times 6 \text{ mm}$ y dos travesaños de perfil angular de $100 \times 100 \times 6 \text{ mm}$. La estructura cuenta con una masa de 29.82 kg.

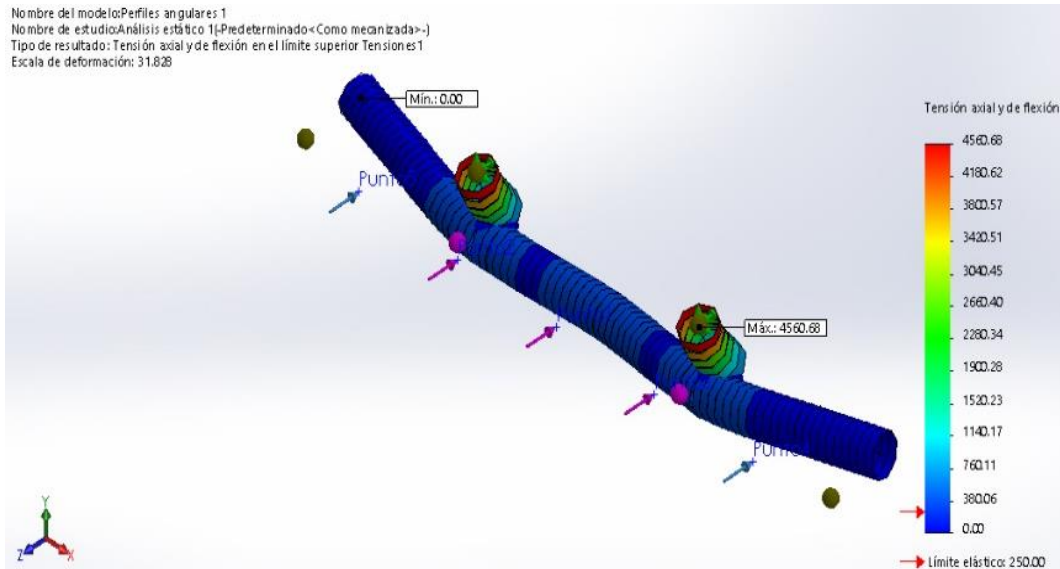


Figura 4.9 Tensión mínima y máxima sobre la modelo 2

Para analizar las cargas soportadas se aplicó el criterio de Von Mises el cual hace referencia a la máxima energía de distorsión; cuyo valor máximo es de 4560.68 MPa este esfuerzo está ubicado en la parte superior de los travesaños, teniendo esto en claro se procede a realizar una comparativa con los valores admisibles del material el cual es acero A-36 que tiene un límite elástico de 250 MPa y una tensión de rotura máximo de 500, con esto se concluye que los soportes de la estructura no soporta el esfuerzo al cual está sometido.

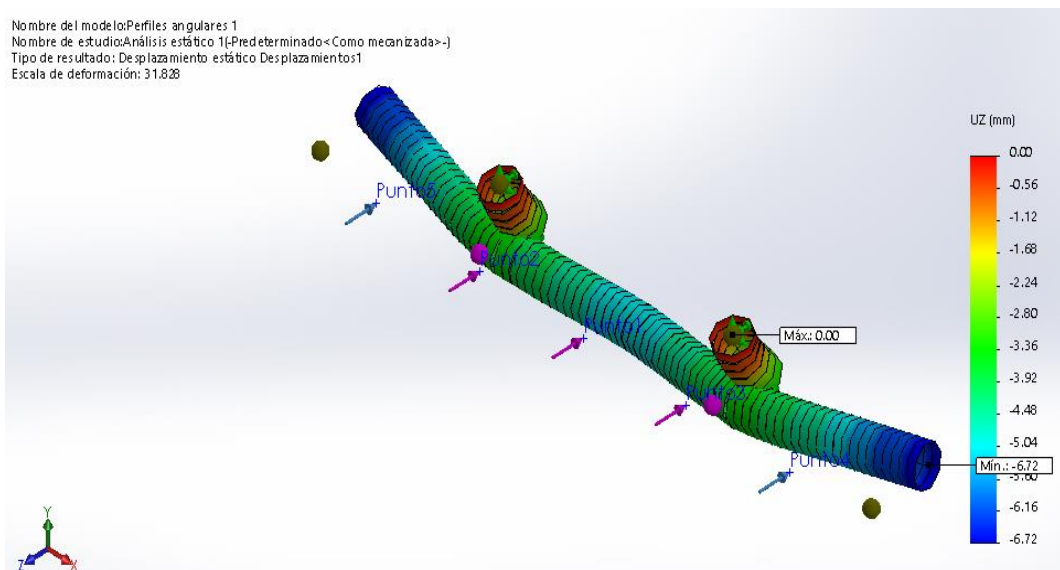


Figura 4.10 Desplazamiento realizado por el modelo 2

Se puede apreciar la deformación y el desplazamiento presentes en la estructura al aplicarse las fuerzas puntuales, en estas determinamos que hay un desplazamiento de 6.72 mm de parte de la estructura, es decir un desplazamiento de 0.672 cm, dicho desplazamiento está ubicado en la zona de la viga principal y con esto concluimos que el desplazamiento es admisible ya que el límite máximo de deformación es de 40cm con respecto a la posición inicial.

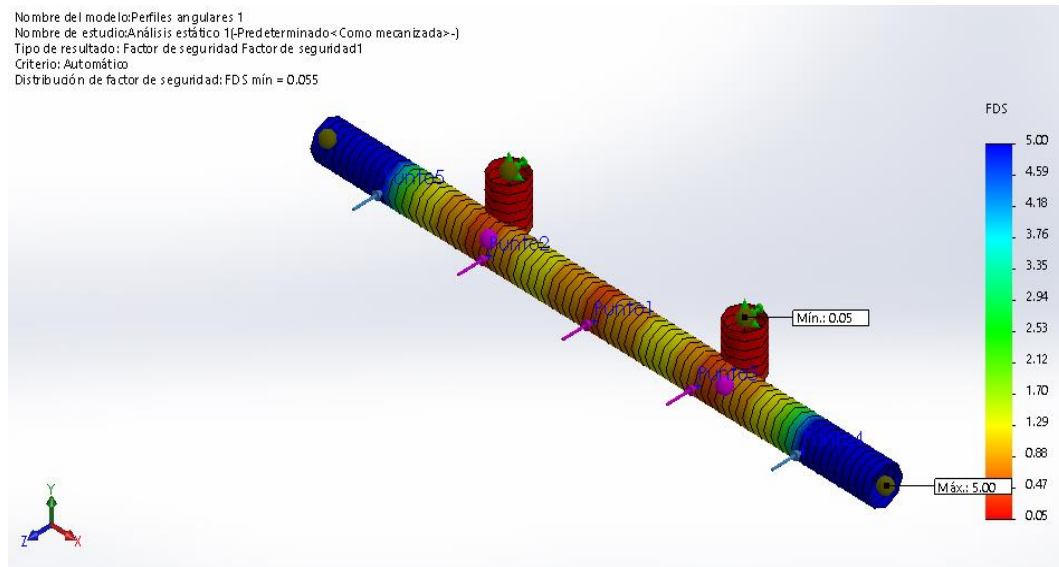


Figura 4.11 Factor de seguridad del modelo 2

Como tercer factor importante es el factor de seguridad, para un mejor análisis se estableció un rango de resultados de 0 a 5, mediante la aplicación de las fuerzas puntuales se obtiene un valor mínimo de 0.05 el cual no es un valor admisible, ya que el valor mínimo debe ser de 1, con esto concluimos que el dimensionamiento no es el adecuado para soportar dichas fuerzas, puesto que gran parte de la estructura se encuentra bajo el límite admisible.

4.3.3 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO MODELO 3

Para este modelo se conserva el tubo principal cuadrado, con la diferencia que sus estructuras de soporte están formadas por platinas de acero soldadas.

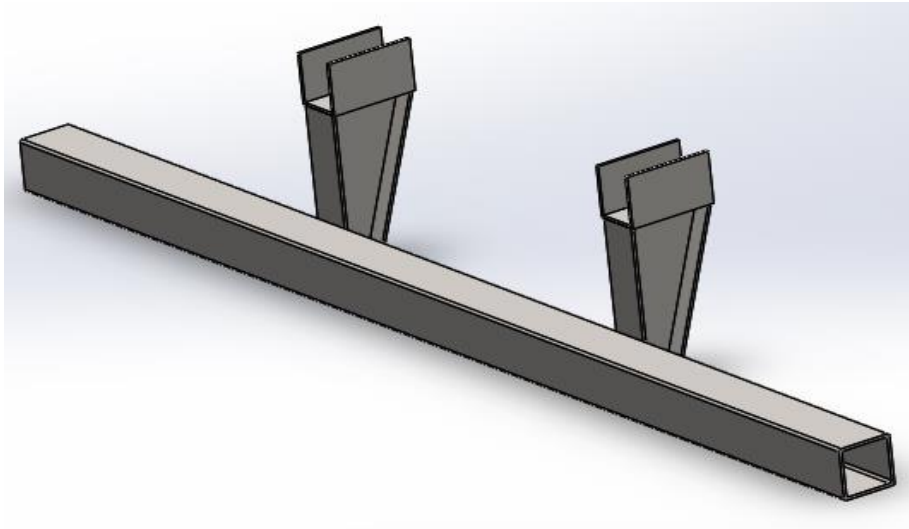


Figura 4.12 Diseño modelo numero 3

Esta estructura está conformada por un larguero principal de tubo cuadrado de 100x100x6 mm y dos estructuras elaboradas con platinas de acero de 6mm de espesor que pueden ser soldadas o empernadas los bastidores del vehículo. La estructura cuenta con una masa de 50.17 kg.

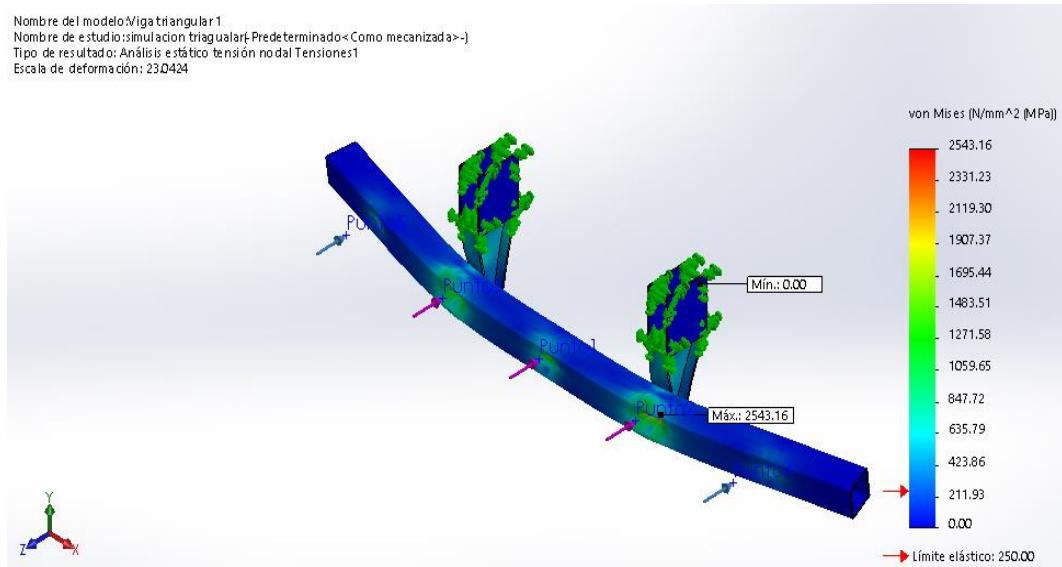


Figura 4.13 Tensión mínima y máxima sobre el modelo 3

Una vez realizado el análisis estático, se obtiene un valor de Von Mises de 2543.16 MPa, el cual se encuentra ubicado en la parte inferior de las vigas de soporte de la estructura, lo cual provoca una deformación en esa sección, con este resultado se realiza una comparativa con las propiedades del material estudiado y se concluye que la estructura no soportaría los esfuerzos en varias zonas, ya que superan los límites elásticos y de fractura.

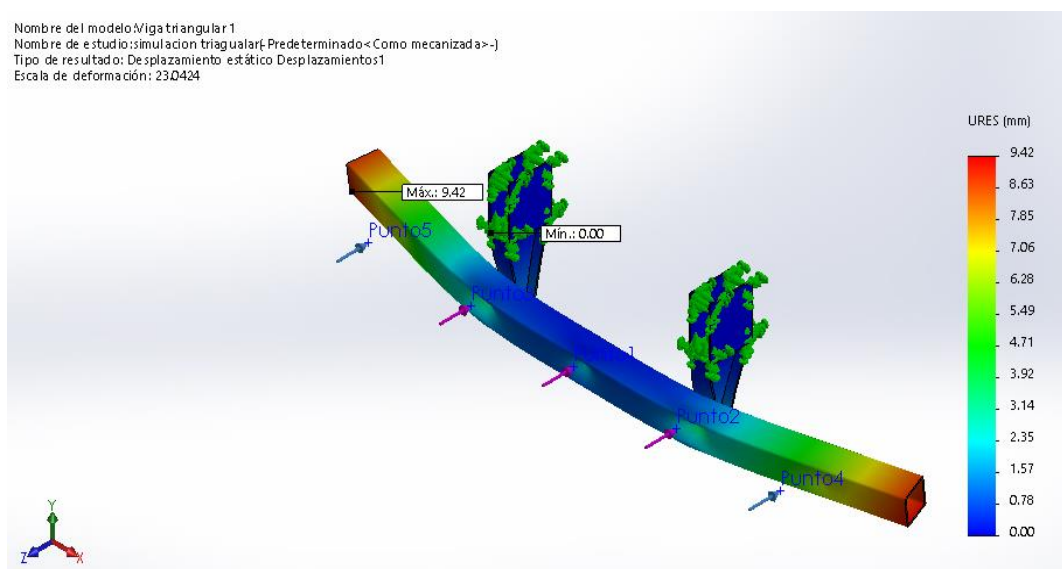


Figura 4.14 Desplazamiento realizado por el modelo 3

En cuanto al análisis de desplazamiento, se obtiene un valor máximo de 9.42 mm, es decir 0.964 cm, comparándolo con el valor admisible en la normativa chilena que es de 40cm se concluye que la deformación de la estructura está dentro de los parámetros permitido por la normativa.

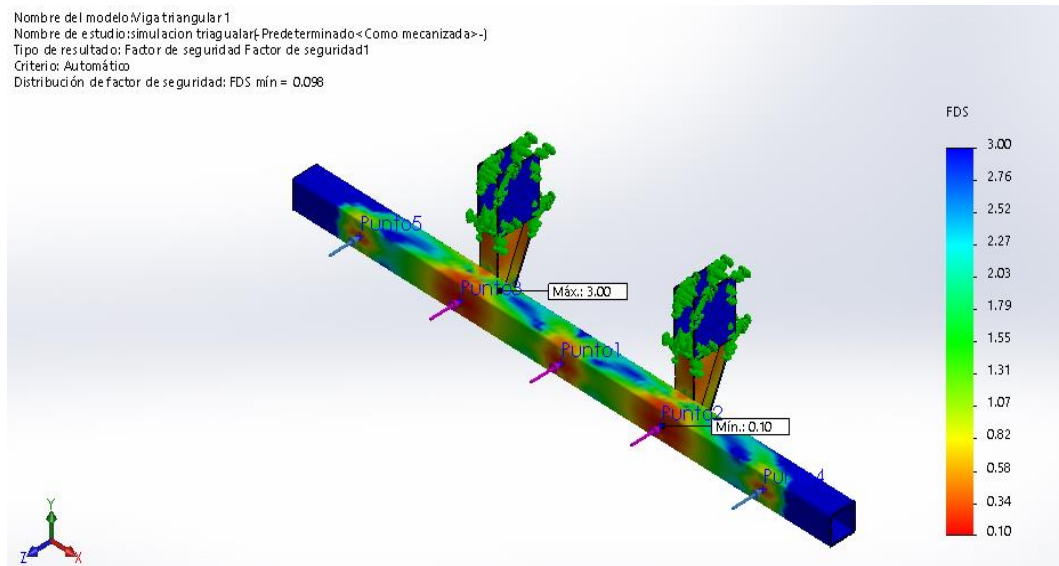


Figura 4.15 Factor de seguridad del modelo 3

En cuanto al factor de seguridad, se obtiene un valor de 0,10 en la zona de contacto entre el travesaño y las vigas de soporte, teniendo en cuenta que se tomó un valor de referencia de 0 a 3, la estructura no cumple con los requisitos necesarios para su aplicación, puesto que el valor en gran parte de la estructura es menor a 1.

4.3.4 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO MODELO 4

Para este modelo se conservan las estructuras que conforman los travesaños, pero el larguero principal se de forma rectangular con una platina interna de refuerzo.

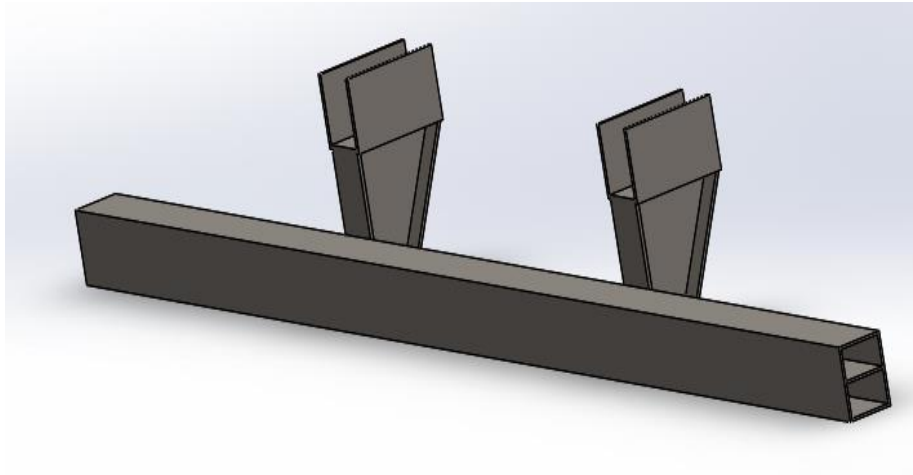


Figura 4.16 Diseño del modelo número 4

Este modelo consta de una viga principal elaborada con 2 platinas de 2140x100x4 mm y tres platinas internas de 2140x70x4 mm, dos parantes con 4 placas externas de 6mm de espesor, una placa interna de 8mm de espesor cada una y por último con 4 placas de 6mm de espesor las cuales van sujetas al bastidor del vehículo. La estructura cuenta con una masa de 37.44 kg.

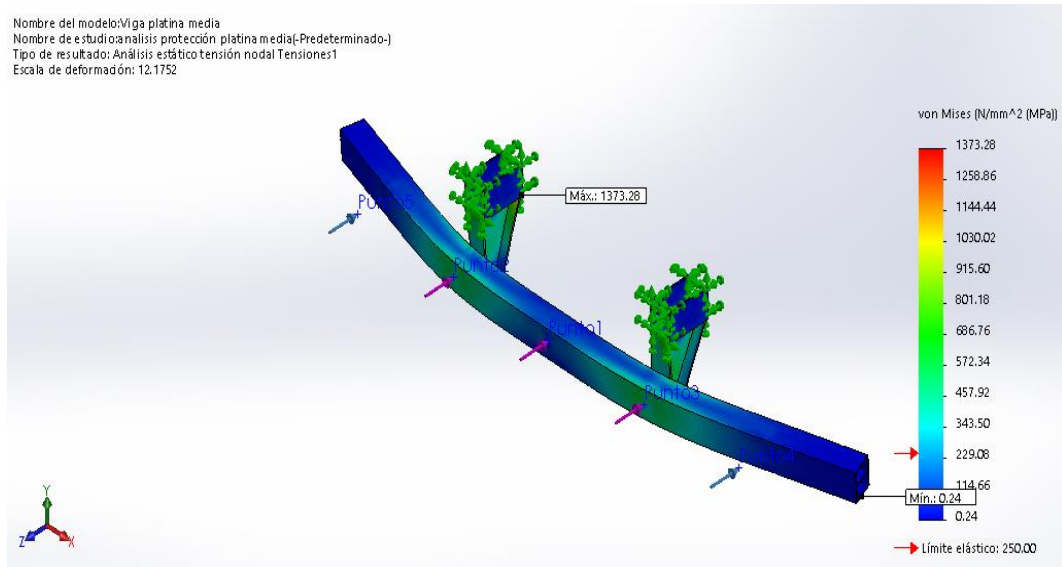


Figura 4.17 Tensión mínima y máxima sobre el modelo 4

Una vez aplicadas las fuerzas para el ensayo se obtiene un valor máximo de Von Mises de 1373.28, realizando la comparativa con límite elástico del material que es de 250 MPa y la tensión de rotura que es 500 MPa, concluimos que el dimensionamiento del material no es el adecuado debido a que gran parte de la estructura se encuentra sobre el límite elástico del material.

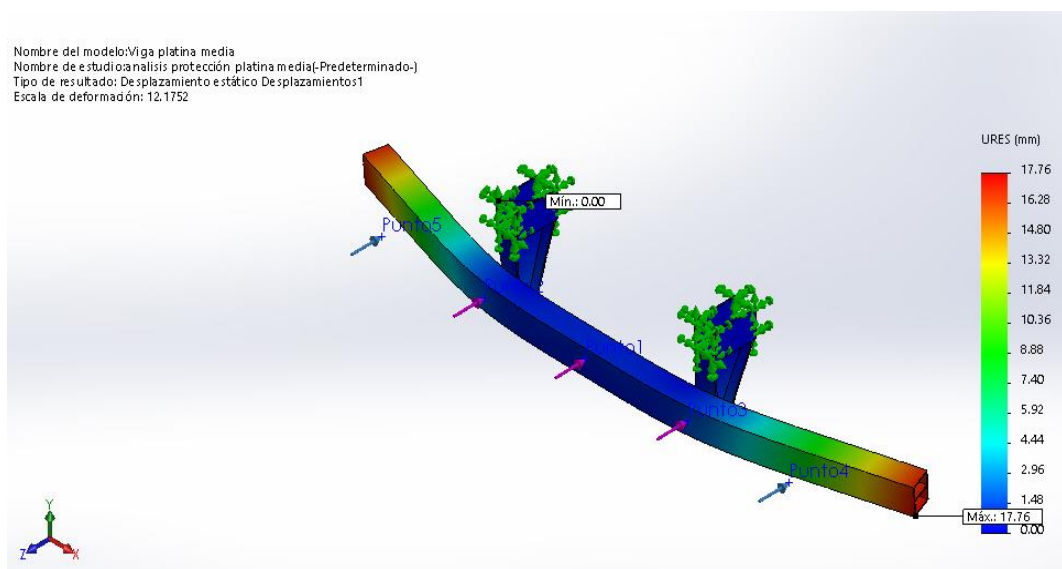


Figura 4.18 Desplazamiento realizado por el modelo 4

En lo que respecta al desplazamiento de la estructura se obtuvo un valor de 17.76 mm, es decir 1.776 cm, debido que el límite máximo admisible es de 40cm esta estructura estaría dentro de los valores admisibles según la normativa chilena.

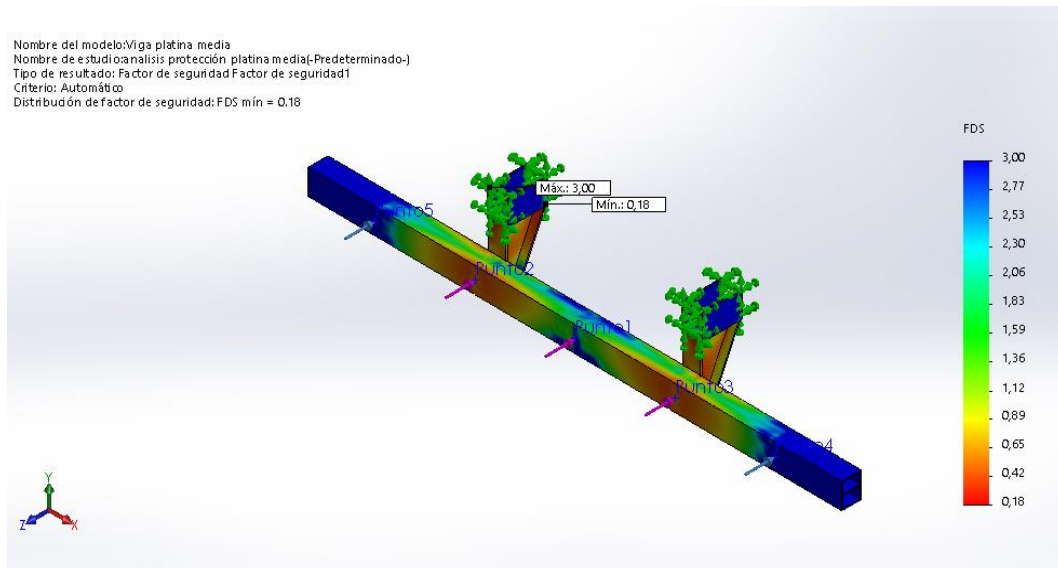


Figura 4.19 Factor de seguridad del modelo 4

En cuanto al factor de seguridad, se obtuvo un valor mínimo de 0.18 con lo cual se confirma que el dimensionamiento de la estructura no es el adecuado puesto que la estructura presenta valores menores a 1 en una gran área.

4.3.5 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO MODELO 5

En este modelo se colocan placas de refuerzo de los travesaños, se retoma la forma cuadrada del larguero principal y se aumenta el tamaño de las placas de soporte, así como el espesor de todas las placas.

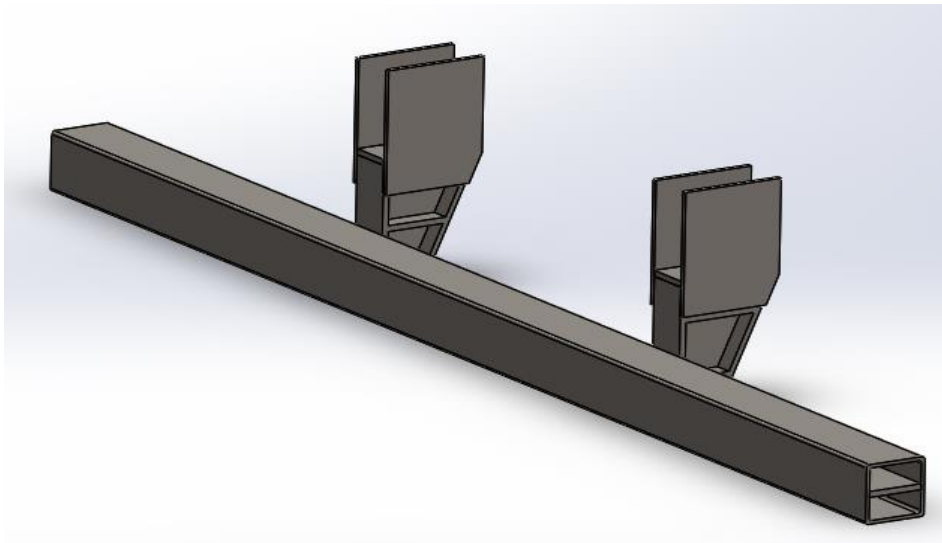


Figura 4.20 Modelo número 5

Este modelo consta de una viga principal elaborada con un tubo cuadrado de 2140x100x6 mm y una platina interna de 2140x88x10 mm, dos parantes con 4 placas externas de 10mm de espesor, una placa interna de 10mm de espesor cada una, 6 refuerzos de 10mm de espesor ubicados estratégicamente para minimizar los estragos de la aplicación de los esfuerzos y por último con 4 placas de 6mm de espesor las cuales van sujetas al bastidor del vehículo. La estructura cuenta con una masa de 72.62 kg.

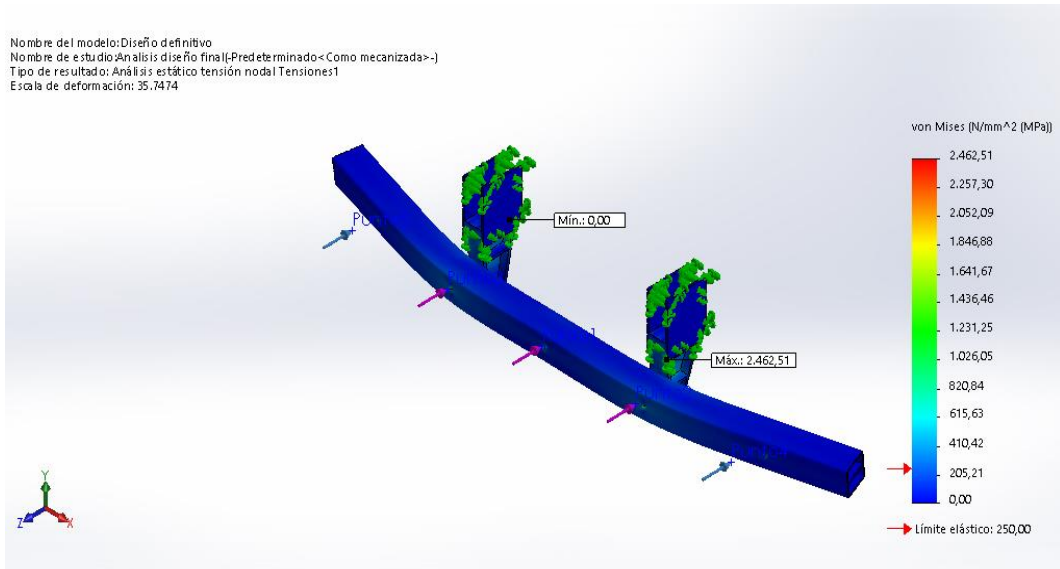


Figura 4.21 Tensión sobre la estructura

Posterior a la aplicación de los esfuerzos puntuales, se obtuvo un valor de tensión máximo de 2462.51 MPa el cual está ubicado en una zona de unión de la platina de sujeción, esto nos indica que en esa zona la estructura podría romperse debido al impacto, por otra parte, se puede observar que el resto de la estructura soportaría satisfactoriamente el impacto. También podemos ver que la estructura casi en su totalidad se encuentra bajo los límites elásticos y fractura los cuales son 250 y 500 MPa respectivamente.

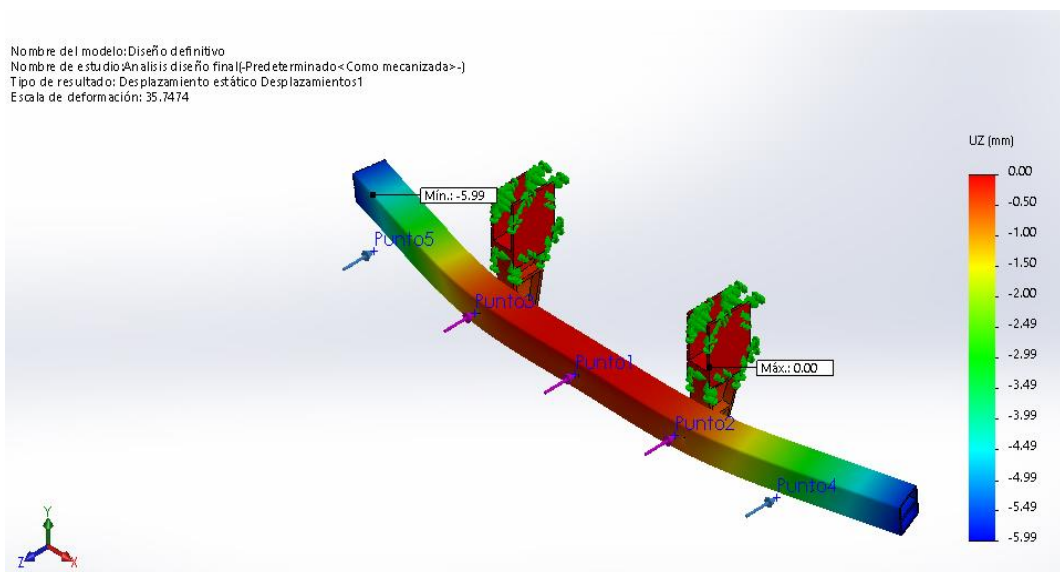


Figura 4.22 Deformación del modelo 5

En lo que corresponde al desplazamiento que realiza la estructura, se obtuvo un desplazamiento máximo de 6.99 mm lo cual es un valor que se encuentra por debajo del límite de deformación admisible el cual es 40cm. Esta deformación máxima se encuentra en los extremos de la estructura.

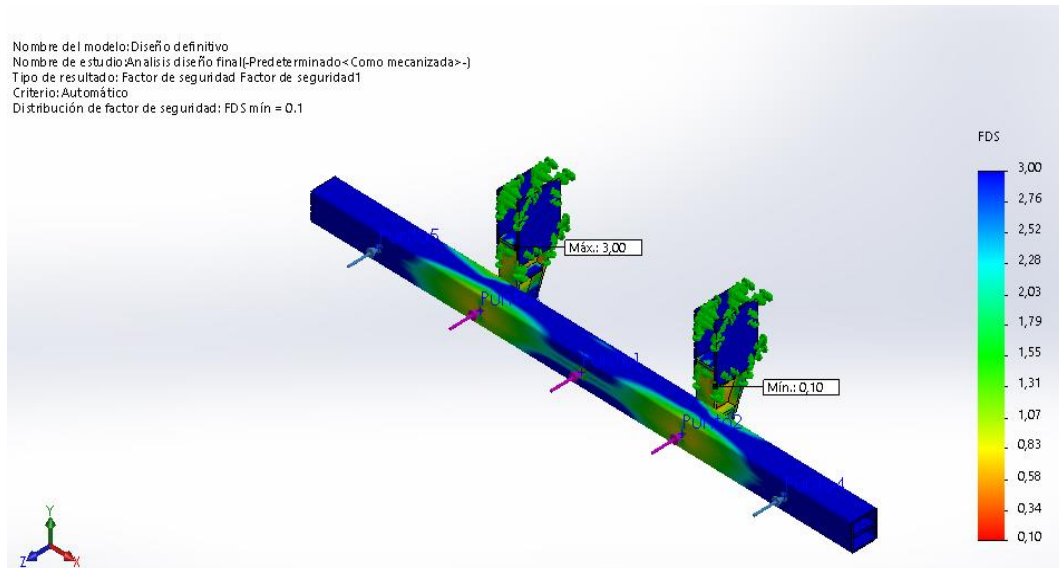


Figura 4.23 Factor de seguridad modelo 5

Por último, realizando el análisis referente al factor de seguridad se puede apreciar que en la mayoría de la estructura se encuentra presente un factor de seguridad igual o mayor a 1 por ende la estructura supera satisfactoriamente los requerimientos de seguridad

4.3.6 ANÁLISIS DE PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO POSTERIOR OPTIMIZADA

El siguiente modelo se realizó teniendo en cuenta los resultados de las simulaciones anteriores, debido a esto el mismo tendrá características y diseño basadas en los ensayos previos.

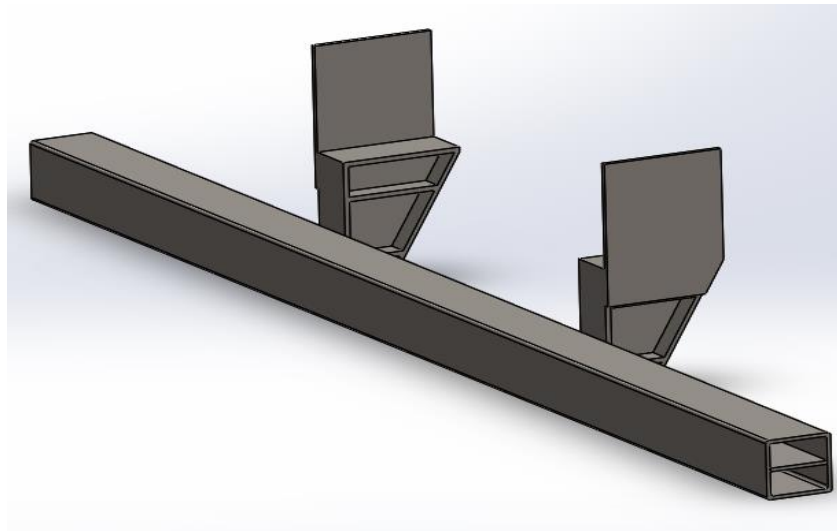


Figura 4.24 Modelo optimizado

Este modelo consta de una viga principal elaborada con un tubo cuadrado de 2140x100x6 mm y una platina interna de 8x10 mm, dos parantes con 4 placas externas de 8 mm de espesor, una placa interna de 8 mm de espesor cada una, 8 refuerzos de 8mm de espesor ubicados estratégicamente para minimizar los estragos de la aplicación de los esfuerzos y por último con 2 placas de 8mm de espesor las cuales van sujetas al bastidor del vehículo. La estructura cuenta con una masa de 62.80 kg.

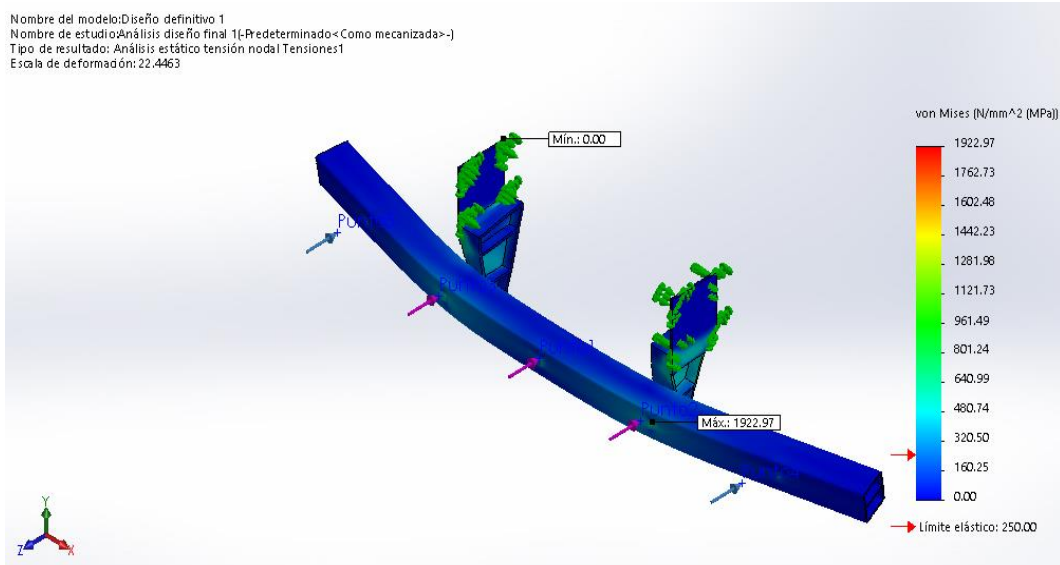


Figura 4.25 Tensión de la estructura

Posterior a la aplicación de los esfuerzos puntuales, se obtuvo un valor de tensión máximo de 1922.97 MPa, en la zona del larguero principal en una zona muy pequeña, por otra parte, se puede observar que el resto de la estructura soportaría satisfactoriamente el impacto. También podemos ver que la estructura casi en su totalidad se encuentra bajo los límites elásticos y fractura los cuales son 250 y 500 MPa respectivamente.

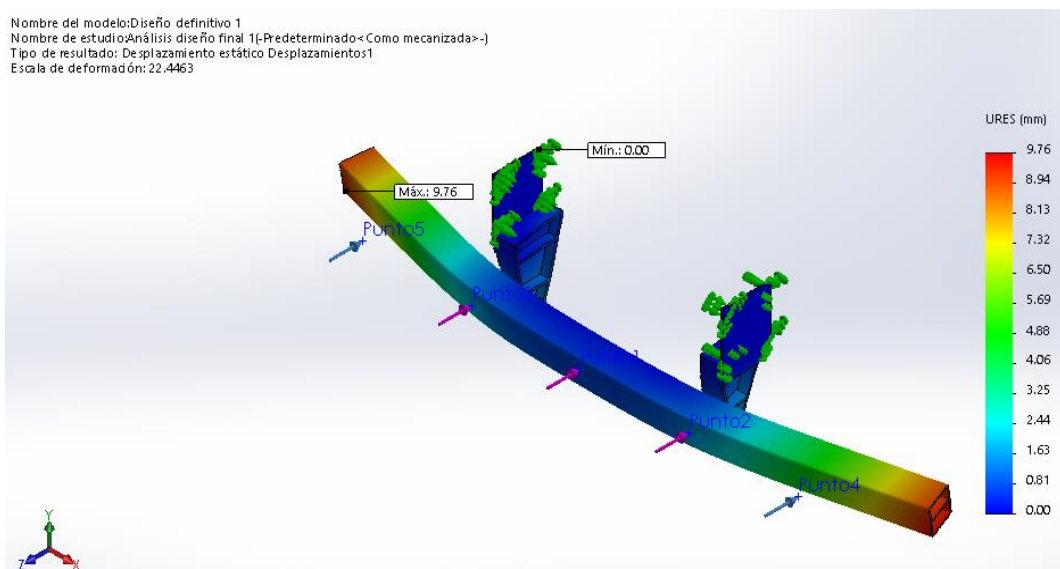


Figura 4.26 Desplazamiento de la estructura

En lo que corresponde al desplazamiento que realiza la estructura, se obtuvo un desplazamiento máximo de 9.76 mm lo cual es un valor que se encuentra por debajo del límite de deformación admisible el cual es 40cm. Esta deformación máxima se encuentra en los extremos de la estructura.

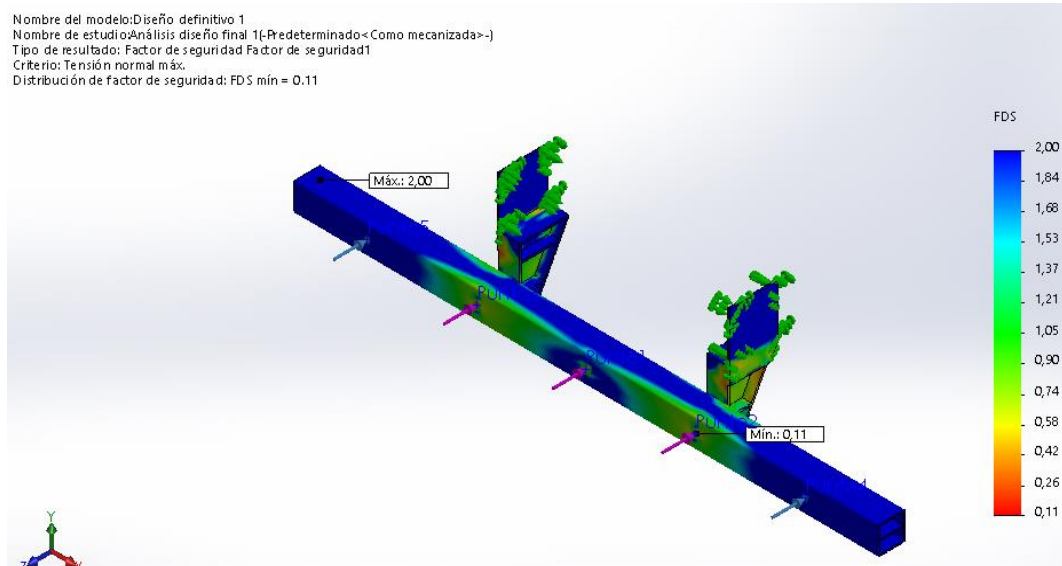


Figura 4.27 Factor de seguridad sobre la estructura

Por último, realizando el análisis referente al factor de seguridad se puede apreciar que en la mayoría de la estructura se encuentra presente un factor de seguridad igual o mayor a 1 por ende la estructura supera satisfactoriamente los requerimientos de seguridad.

A continuación de se realiza una tabla comparativa de los resultados obtenidos en las simulaciones:

Tabla 4.2 Tabla comparativa de resultados de simulación, protección trasera

Modelo	Tensión (MPa)	Desplazamiento (mm)	Factor de seguridad sobre el 50% de la estructura
Modelo 1	3777.09	18.11	<1
Modelo 2	4560.68	6.72	<1
Modelo 3	2543.16	9.42	<1
Modelo 4	1373.28	17.76	<1
Modelo 5	2462.51	6.99	>1
Modelo optimizado	1922.97	9.76	>1

De los 6 modelos comparados, los modelos 2,3,4 fueron descartados por su bajo factor de seguridad. De los modelos 1,5 y el optimizado se destaca que el modelo optimizado tiene el valor de tensión más bajo (1922.97 MPa) y cumple con el factor de seguridad, con esto se concluye que el modelo optimizado es el adecuado para su posterior fabricación y montaje puesto que cumple con los requerimientos mínimos tanto de desplazamiento y de seguridad satisfactoriamente. Debido a que se tomaron los esfuerzos más altos de las normativas podemos asegurar que la estructura aprobaría satisfactoriamente los ensayos con los esfuerzos de cada una de las normativas estudiadas.

4.3.7 ANÁLISIS PROTECCIÓN LATERAL

4.3.7.1 Modelo número 1

La simulación de la protección antiempotramiento lateral se la realizara aplicando una fuerza de 1kN sobre la cara frontal de los largueros principales.

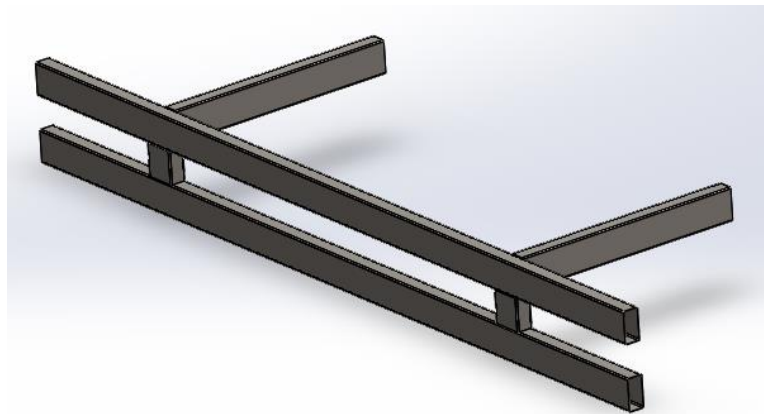


Figura 4.28 Diseño lateral modelo 1

Para este ensayo se utilizó 6 tubos rectangulares de 100x50x3mm, esta estructura pesa 47.14 kg

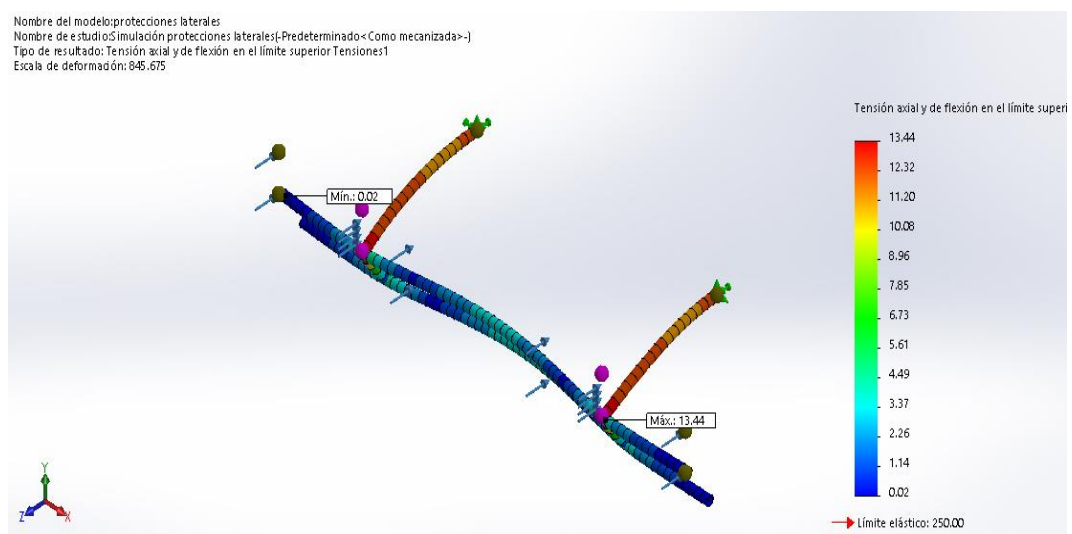


Figura 4.29 Tensión mínima y máxima estructura lateral modelo 1

Luego de realizar el ensayo se obtuvo un valor de Von mises de 13.44 MPa, lo cual es un valor razonable tomando en cuenta la magnitud de la fuerza utilizada.

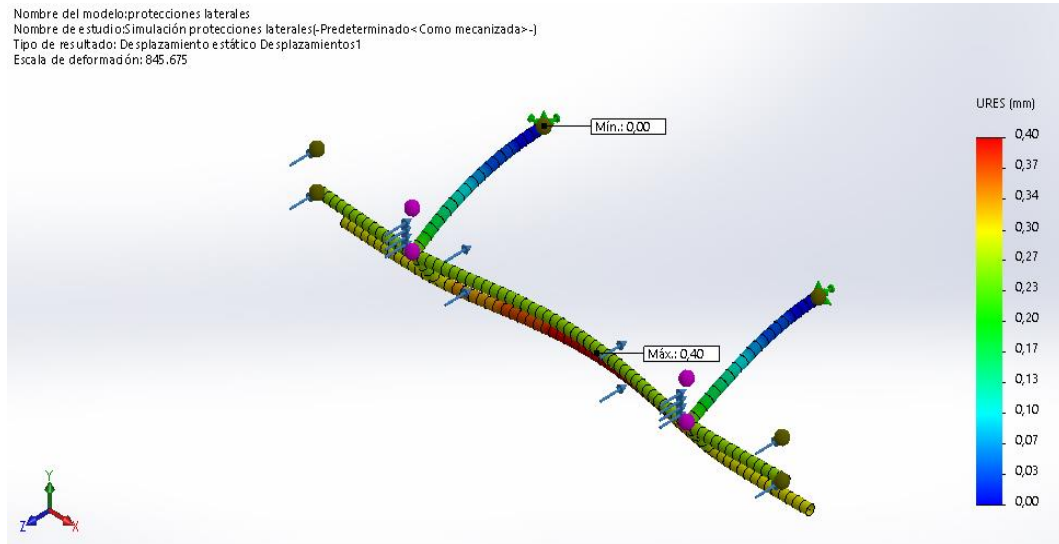


Figura 4.30 Desplazamiento sobre la estructura

En lo que concierne a la deformación se obtuvo un valor de 0.40 mm lo cual nos indica que el desplazamiento es imperceptible y que la estructura soporta el esfuerzo aplicado sin esfuerzo alguno.

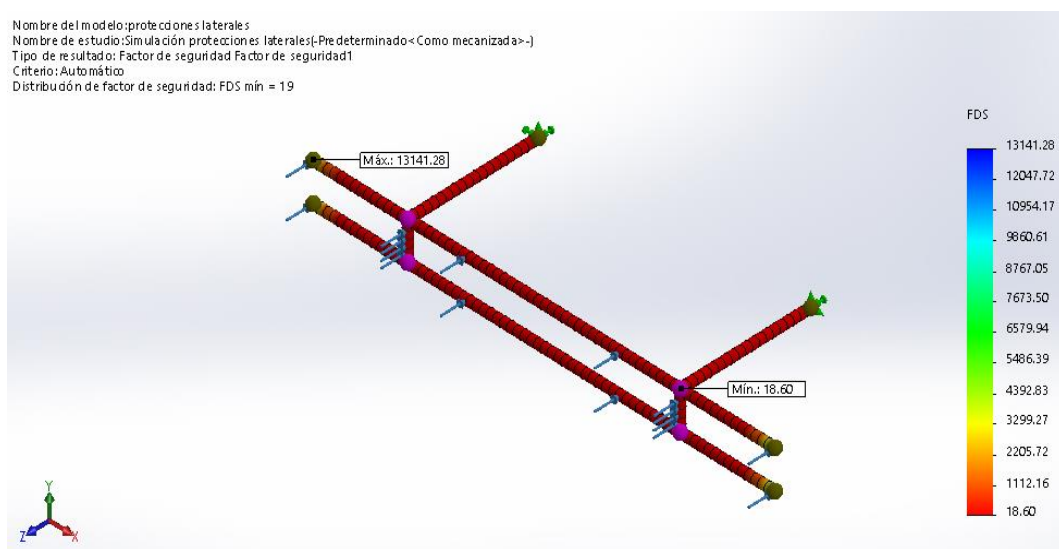


Figura 4.31 Factor de seguridad

Por último, se analizó el factor de seguridad, el cual arrojó un valor mínimo de 18.60 lo cual nos indica que el diseño de la estructura es apto para su construcción.

4.3.7.2 Modelo lateral número 2

El modelo 2 se realiza como una alternativa para disminuir el peso de la estructura utilizando tubos de menor espesor

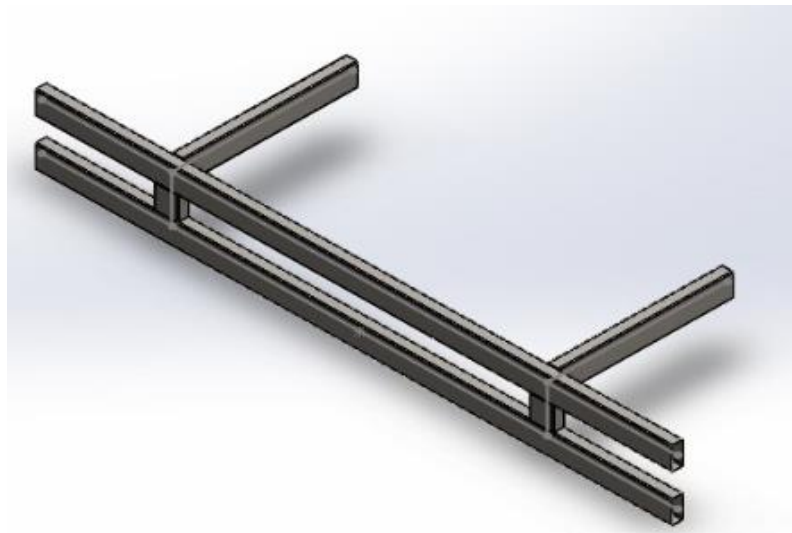


Figura 4.32 Modelo lateral numero 2

Para este ensayo se utilizó 6 tubos rectangulares de 100x50x1.5mm, el peso de la estructura es de 24.06kg

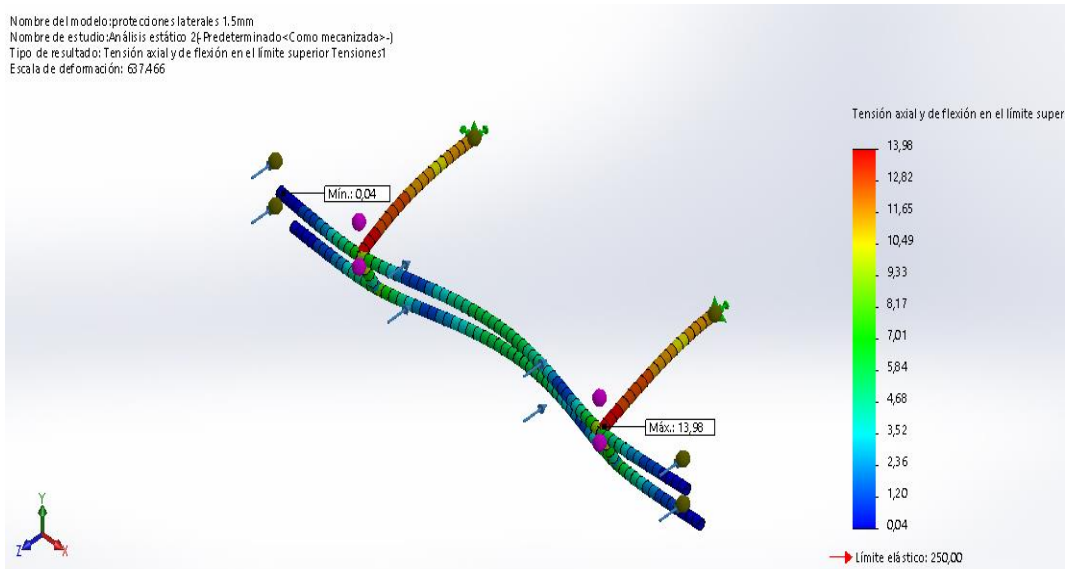


Figura 4.33 Tensión mínima y máxima estructura lateral modelo 1

Luego de realizar el ensayo se obtuvo un valor de Von mises de 13.98 MPa, lo cual es un valor razonable tomando en cuenta la magnitud de la fuerza utilizada,

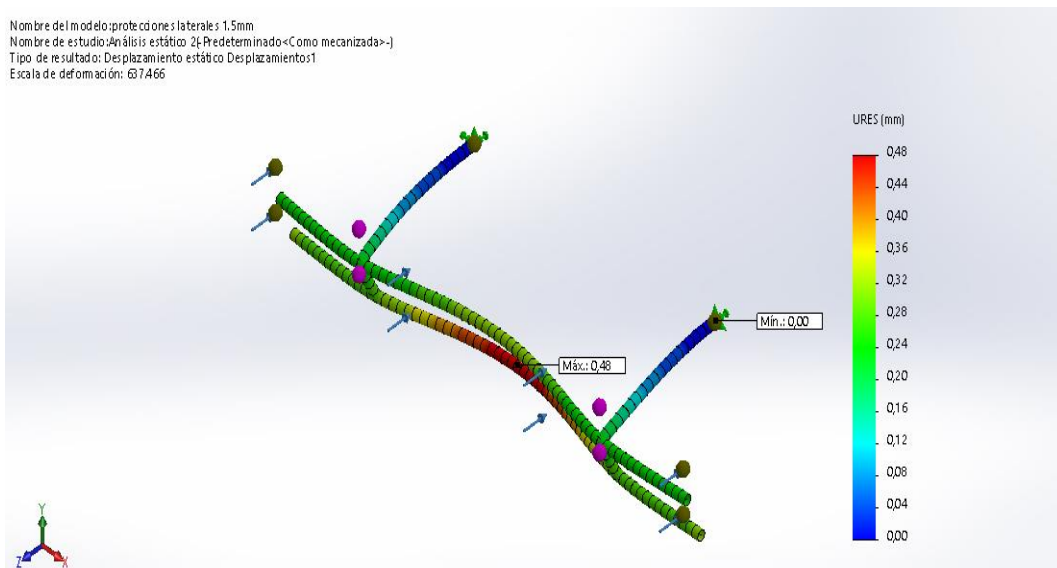


Figura 4.34 Desplazamiento sobre la estructura

En lo que concierne a la deformación se obtuvo un valor de 0.48 mm lo cual nos indica que el desplazamiento es imperceptible y que la estructura soporta el esfuerzo aplicado sin esfuerzo alguno.

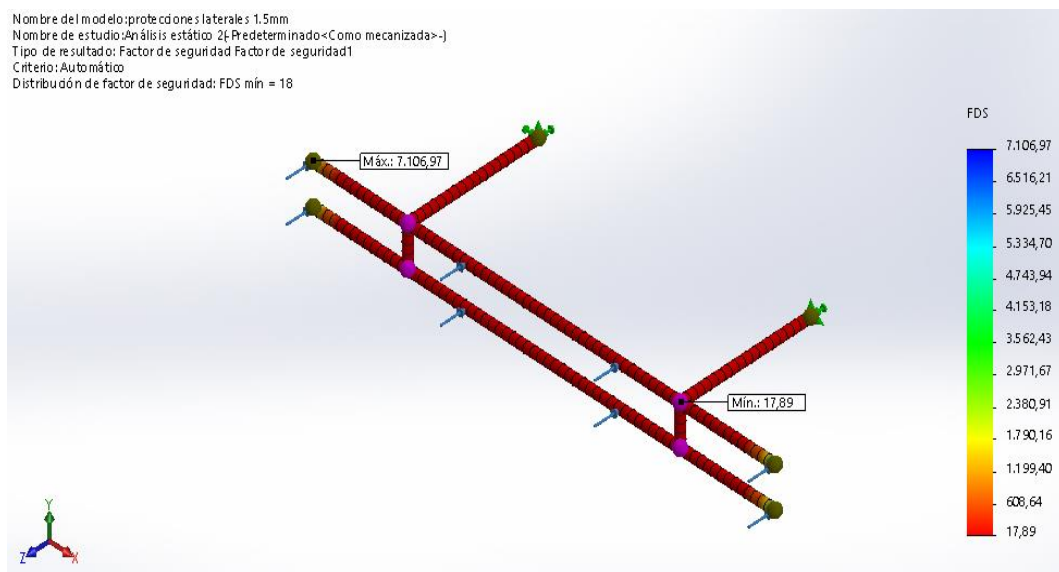


Figura 4.35 Modelo lateral numero 2

Por último, se analizó el factor de seguridad, el cual arrojó un valor mínimo de 17.89 lo cual nos indica que el diseño de la estructura es apto para su construcción.

Se realiza una tabla comparativa de resultados arrojados en la simulación:

Tabla 4.3 Tabla comparativa de resultados, protecciones laterales

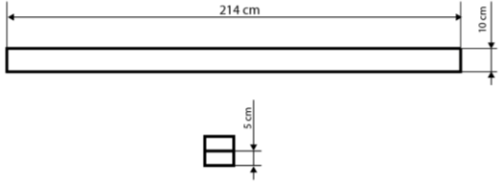

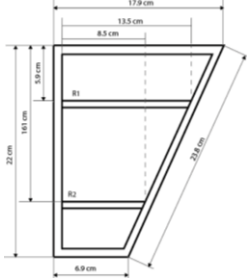

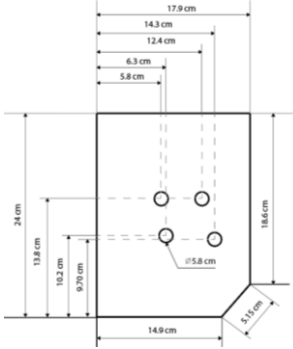

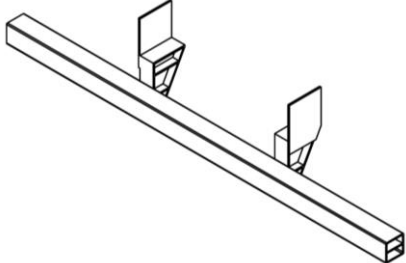

Modelos	Tensión (MPa)	Desplazamiento(mm)	Factor de seguridad sobre el 50% de la estructura
Modelo 1	13.44	0.40	>18.60
Modelo 2	13.98	0.48	>17.89

Una vez realizada la comparativa, se determina que los dos modelos estudiados son aptos para el uso en vehículos de carga, puesto que se encuentran dentro de los límites admisibles de la investigación.

4.4 CONSTRUCCIÓN

Una vez realizado los análisis previos y las optimizaciones con la ayuda de los modelos propuestos, se realiza la construcción del dispositivo posterior el cual estará sujeto al bastidor del vehículo por medio de pernos, el dispositivo se pintará con pintura anticorrosiva para proporcionar mayor protección contra la oxidación, en la misma se colocarán pegatinas retro reflectivas para mejorar su visualización en la noche tal y como indica en las normativas.

Tabla 4.4 Resultados de construcción

Pieza	Plano	Figura
Larguero		
Soportes (Platinas externas: 7.5 cm, R1 y R2: 3.35 cm de ancho)		
Placas de sujeción		
Estructura terminada		

4.4.1 MONTAJE

Se realiza el montaje mediante pernos que van sujetos directamente en los agujeros del bastidor que están establecidos de fábrica.



Figura 4.36 Estructura antiempotramiento montada

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

A nivel mundial existen varias normativas que hacen referencia a los dispositivos antiempotramiento, la normativa en nuestro país la cual está regulado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización, menciona en el Reglamento Técnico Ecuatoriano RTE INEN 034 4R en el apartado 4.14 referente a barras antiempotramiento posteriores para vehículos pesados, indica de forma muy general el uso de este tipo de dispositivos en vehículos de carga y no detalla los criterios básicos que debe cumplir la estructura para la construcción tales como: altura mínima con referencia a la calzada de 45 cm, ancho de travesaños mínimo de 10 cm, fuerzas a las cuales debe someterse en una simulación 50,100,175 kN, deformación máxima de 40cm y material, lo cual no permite un control adecuado sobre el uso de estos dispositivos.

Para realizar la simulación de los modelos propuestos tanto como el modelo optimizado se utilizó el software SolidWorks versión educacional puesto que presenta herramientas que facilitan la simulación y una alta gama de materiales para el estudio, del mismo modo presenta criterios importantes para el estudio mediante simulación estática los cuales son: Tensiones, deformaciones, factor de seguridad, desplazamiento estático. Otro aspecto muy importante es la capacidad de aplicar esfuerzos puntuales sobre las estructuras y el uso de diferentes tipos de mallado para obtener mejores resultados.

Para realizar la selección del material, este debe cumplir los requisitos mínimos que en este caso fueron: resistencia a fuerzas detalladas en las normativas internacionales, resistencia a la corrosión o a su vez que se pueda aplicar una capa anticorrosiva, que sea de fácil accesibilidad a nivel local y que su peso no pueda representar dificultades en el comportamiento del vehículo. En este caso se eligió el acero A36 el cual tiene un límite elástico de 250 MPa y un Límite de fractura de 400 MPa, tiene una resistencia al agua, la cual puede ser aumentada con una capa de pintura anticorrosiva

La construcción se realizó con ayuda de los planos previamente realizados en SolidWorks, se realizó con soldadura SMAW con electrodos 6011 para dar los puntos iniciales de fijación de las piezas y electrodo 6013 para unir las piezas de los travesaños; se utilizó soldadura MIG para fijar la placa interna en el larguero principal, para esto se realizaron cortes de 100x10mm en el tubo y se unió las piezas por medio de soldadura de tapón. Al momento del montaje de la estructura en el vehículo se tomó como referencia el manual de carroceros para no influir en la integridad del bastidor del vehículo.

Con las dimensiones del modelo optimizado se puede resistir las cargas que se exigen en cada una de las normativas, esto se asegura respaldado por los datos arrojados en las simulaciones con software CAE puesto que en casi la totalidad de la estructura el factor de seguridad es mayor a 1, y el desplazamiento es de bajo 0,48mm el cual está muy por debajo del límite máximo, cabe destacar que ninguno de los modelos supero el límite de desplazamiento.

En lo que concierne a la realización de pruebas físicas de estos dispositivos, en nuestro medio no es una opción viable debido al elevado costo para su ejecución, por lo tanto, la propuesta de simulación en software mediante el método de elementos finitos es la mejor opción, ya que sus resultados están muy cerca del comportamiento real de este tipo de pruebas, además de la facilidad de realizar cambios en los diseños o aplicación de fuerzas.

5.2 RECOMENDACIONES

Usar el software de selección de materiales CES EduPack para realizar la selección de materiales adecuado para el estudio ya que este software cuenta con más de 1000 materiales distintos entre materiales ferrosos, plásticos, madera, etc. Los cuales pueden ser sometido a criterios de selección con los rangos que se requiere en el estudio tales como: Resistencia elástica, densidad, precio, resistencia térmica, resistencia a la humedad, corrección química, entre otros.

Establecer una normativa específica para dispositivos antiempotramiento en lo concerniente a la construcción de dispositivos antiempotramiento posterior y lateral, tomando como valores referenciales los resultados obtenidos en este proyecto, valores como: Altura mínima y máxima de los dispositivos con relación a la calzada (400mm-560mm), ancho de largueros (100 - 120mm), materiales, forma, etc. En el caso de la simulación también se debería establecer valores de las fuerzas que debe soportar la estructura.

Un mayor control y monitoreo en la construcción y montaje de dispositivos antiempotramiento para que cumplan con los requerimientos mínimos, porque al no utilizar una protección adecuada, el riesgo sigue siendo el mismo o incluso mayor, esto se lograra con la homologación de estos dispositivos por parte de las entidades de transporte tránsito y seguridad, de esta forma se obtendría un documento que respalde a los agentes de control vial.

Realizar una optimización del modelo propuesto guiándose en la información obtenida de las simulaciones anteriores, puesto que la estructura debe cumplir los requerimientos mínimos en la normativa para su aprobación los cuales son: deformación de máximo 40cm y un factor de seguridad superior a 1 en por lo menos 50% de la estructura. Se debe tener en cuenta que el espesor del material es determinante a la hora de aumentar la resistencia de las estructuras.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADAC. (2007). ¿Protección insuficiente? *Transito y seguridad vial*, 42.
2. Agencia Nacional de Tránsito. (2017). *Fallesidos 2017*. Quito: Agencia Nacional de Tránsito.
3. Agencia Nacional de Tránsito. (2017). *SINIESTROS DE TRÁNSITO*. Quito: Agencia Nacional de Tránsito.
4. Agencia Nacional de Tránsito. (2018). *Fallecidos 2018*. Quito: ANT.
5. Alumina. (15 de 2 de 2017). *Alumina*. Obtenido de Alumina: <https://www.alumina.com.co/actualidad/protectores-laterales-para-camiones-que-los-hace-tan-seguros/>
6. Amaya Pinos, M. E., & Loja Quezada, J. C. (2017). *Estudio de la funcionalidad del dispositivo antiempotramiento utilizado en camiones*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
7. ANT. (2019). *ANT*. Obtenido de ANT: <https://www.ant.gob.ec/index.php/regulacion/transito-12/que-es-la-homologacion-vehicular#.XGdrgehKjIU>
8. Asociación de empresas automotrices del Ecuador. (16 de 11 de 2018). *Asociación de empresas automotrices del Ecuador*. Obtenido de <http://www.aeade.net/servicios/sobre-el-sector-automotor/>
9. Barreira Lamas, M. (2015). *Dispositivos de Protección Trasera*. Vigo: Universidad de Vigo.
10. BOE. (2 de 6 de 2017). *BOE*. Obtenido de BOE: http://www.aeutransmer.com/wp-content/uploads/2017/12/Boletin_364/Reglamento%20General%20de%20Vehiculos%20Junio%202017.pdf
11. Bordegé Corella, A. (2011). *La protección trasera frente al empotramiento*. Zaragoza: Escuela Universitaria Ingeniería Técnica Industrial Zaragoza.
12. BOSCH. (2005). *Manual de la técnica del automóvil*. BOSCH.

13. Budynas, R. G., & Nisbett, J. K. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA.
14. Carpintero Pino, J. M. (2013). *Soldadura básica*. Bogotá: De la U.
15. CEPE. (10 de 2 de 2019). *UNECE*. Obtenido de UNECE: <https://www.boe.es/doue/2019/049/L00001-00023.pdf>
16. Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2003). *Mecánica de estructuras Libro 1 Resistencia de materiales*. Edicions UPC.
17. Cervera Ruiz, M., & Blanco Díaz, E. (2015). *Resistencia de Materiales*. Barcelona: CIMNE.
18. Circula seguro. (14 de 03 de 2013). *Circula Seguro*. Obtenido de Circula Seguro: <http://www.circulaseguro.com/que-es-el-dispositivo-antiempotramiento/>
19. Consejo Nacional de Transito de Brasil. (2009). *Resolución N°323*. Código de Transito Brasileño. Obtenido de scribd.
20. Coronel Daquilema, P. E. (2010). *Incidencia del uso de un chasis de carga en el transporte masivo de pasajeros, propuesta de normalización*. Cuenca: Univercidad Politécnica Saleciana Sece Cuenca.
21. De La Sota Cordova, S. A. (14 de 10 de 2014). *Scribd*. Obtenido de Scribd: <https://es.scribd.com/document/242900484/CARROCERIA-PPT-pdf>
22. DEKRA. (Junio de 2017). *DEKRA*. Obtenido de DEKRA: <https://www.dekra-roadsafety.com/es/dispositivo-antiempotramiento-y-proteccion-lateral-de-camiones/>
23. Dirección General de tráfico. (2015). Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, especiales, de transporte de personas y mercancías y tramitación administrativa., (pág. 34). Madrid. Obtenido de <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XVIII-Curso-de-Profesores/Reglamentacion-vehiculos-pesados.pdf>
24. Disensa. (2 de 2019). *Disensa*. Obtenido de Disensa: <https://www.disensa.com.ec/construccion/techos-y-cubiertas/perfiles>

25. Escribano Ródenas, M. (6 de 2006). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/26442345_El_analisis_por_elementos_finitos_una_metodologia_muy_reciente_en_economia
26. González, H. Á., & Mesa G., D. H. (1 de 2004). *ResearchGate*. Obtenido de ResearchGate: https://www.researchgate.net/publication/43071209_LA_IMPORTANCIA_DEL_METODO_EN_LA_SELECCION_DE_MATERIALES#:~:text=En%20este%20art%C3%ADculo%20se%20pretende,materiales%20para%20alg%C3%BAn%20fin%20espec%C3%ADfico.&text=Estos%20m%C3%A9todos%20ser%C3%A1n%20an
27. Gutiérrez Rivera, A. D., & Sanipatin Simbaña, E. M. (2018). *Diseño y análisis de un sistema antiempotramiento posterior en buses, para colisiones de vehículos tipo M1 mediante software CAD/CAE según el RTE INEN 034 y UNECE R58 para carrocerías M&L*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
28. IIHS. (2018). *Todos los principales fabricantes de remolques ganan el premio IIHS por una buena protección contra el ingreso*. Arlington.
29. IIHS. (2019). *IIHS-HLDI*. Obtenido de IIHS-HLDI: <https://www.iihs.org/topics/large-trucks#by-the-numbers>
30. IIHS. (2019). *IIHS-HLDI*. Obtenido de IIHS-HLDI: <https://www.iihs.org/ratings/about-our-tests>
31. INEC. (2010). *Resultados del censo 2010 de la población y vivienda en el Ecuador*. Ibarra: INEC.
32. INEN. (30 de Diciembre de 2010). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de <file:///C:/Users/EDUARDO/Downloads/reglamento%20tecnico%20ecuatoriano%20rte%20inen%20034%20r%20-%202010.pdf>
33. INEN. (15 de 09 de 2016). *AEADE*. Obtenido de AEADE: <http://www.aeade.net/wp-content/uploads/2016/12/RTE-034-4R.pdf>
34. INEN. (9 de 2016). *Agencia Nacional de Tránsito*. Obtenido de Agencia Nacional de Tránsito: <https://www.ant.gob.ec/index.php/ant/base-legal/reglamento-general-para-la-aplicacion-de-la-lotttsv>

35. Inter Regs. (14 de 7 de 2016). *Inter Regs.* Obtenido de Inter Regs: <https://www.interregs.com/catalogue/details/ece-5803/regulation-no-58-03/rear-underrun-protection-devices/>
36. Jeffus, L. (2009). *Soldadura: principios y aplicaciones*. Madrid: Paraninfo.
37. Jeffus, R., & Jeffus, L. (2008). *Manual de soldadura GMAW (MIG-MAG)*. Madrid: PARANINFO.
38. Latin NCAP. (2019). *LATIN NCAP*. Obtenido de LATIN NCAP: <https://www.latinncap.com/es/nuestros-ensayos/pasajero-adulto>
39. Latin NCAP. (s.f.). *Latin NCAP*. Obtenido de Latin NCAP: <https://www.latinncap.com/es/sobre-nosotros>
40. Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones. (5 de 2 de 2018). *Biblioteca del Congreso Nacional de Chile*. Obtenido de Biblioteca del Congreso Nacional de Chile: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=1114686>
41. Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones. (2018). *Dispone requisitos técnicos que deben cumplir los dispositivos y sistemas de seguridad de camiones y tractocamiones que se indican*. Santiago: Legislación chilena.
42. MOTORGIGA. (2019). *MOTORGIGA*. Obtenido de MOTORGIGA: <https://diccionario.motorgiga.com/diccionario/colision-definicion-significado/gmx-niv15-con193612.htm>
43. Mott, R. L. (2009). *Resistencia de materiales*. México: PEARSON EDUCACIÓN.
44. Murpatrans S.L. (2019). *MURPATRANS*. Obtenido de MURPATRANS: <https://murpatrans.es/camion-gondola/>
45. Newell, J. (2011). *Ciencia de materiales, Aplicaciones en ingeniería*. México: Alfaomega.
46. NHTSA. (8 de 2012). *NHTSA*. Obtenido de NHTSA: <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/811652.pdf>
47. PDVSA. (2019). *PDVSA*. Obtenido de PDVSA: <http://www.pdvsa.com/images/pdf/armables/Cisterna.pdf>

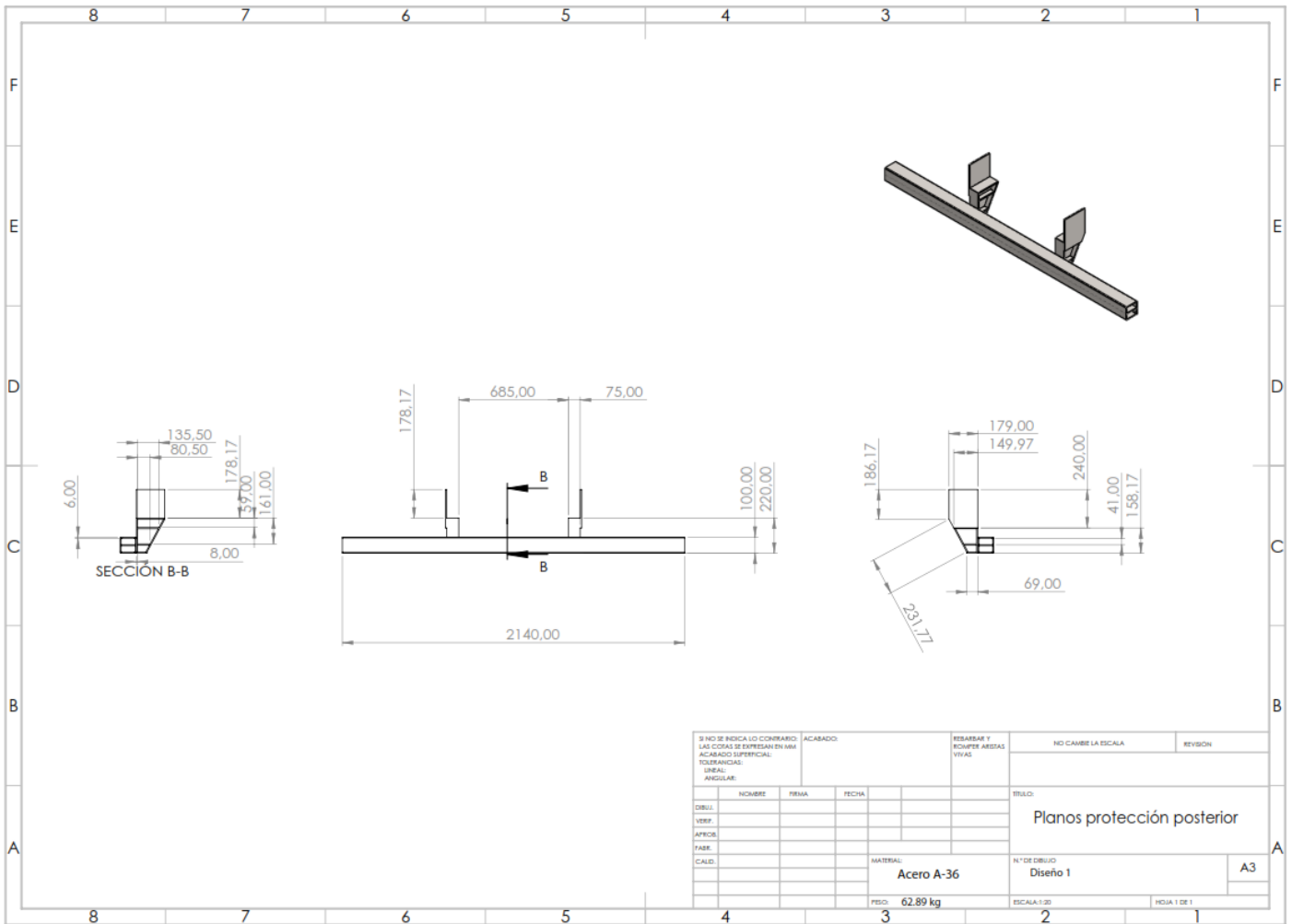
48. Peña Quiroz, Á. O., & Flores Martínez, D. (2008). Lesiones más comunes en un accidente de tránsito. *CESVI MEXICO*, 16. Obtenido de <http://www.cesvimexico.com.mx/revista/cesvi18.pdf>
49. Perdomo Campaña, L. E. (17 de 7 de 2017). *Análisis de sistemas de protección frontal y posterior contra el empotramiento en colisiones de vehículos livianos con vehículos de categoría N2 para verificar el cumplimiento de las regulaciones N° 58 y N° 93 de la UNECE en la empresa Master Metal*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de AECAT.
50. Pérez Vaca, J. E. (2011). *Diseño y cálculo del bastidor de un vehículo cosechador de fresas*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
51. Picazo Iranzo, Á. (10 de mayo de 2007). *UPM*. Obtenido de UPM: <http://oa.upm.es/3786/1/Picazo-E15.pdf>
52. Rivas Arias, M. J. (2009). *Soldadura eléctrica y sistemas TIG y MAG*. Madrid: Paraninfo.
53. Rodríguez Galbarro, H. (2019). *ingemecánica*. Obtenido de ingemecánica: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>
54. SCANIA. (2015). *SCANIA*. Obtenido de SCANIA: https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mzgx/~edisp/bwm_0000781_03.pdf
55. SICE. (2019). *Sistema de información sobre comercio exterior*. Obtenido de Sistema de información sobre comercio exterior: <http://www.sice.oas.org/trade/mrcsrs/resolutions/an3594.asp>
56. Smith, J. (2001). *An Introduction to Modern Vehicle Design*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
57. Teller Bel, J. (Marzo de 2011). *CENTRO ZARAGOZA INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE VEHÍCULOS, S.A.* Obtenido de CENTRO ZARAGOZA INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN SOBRE VEHÍCULOS, S.A.: http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R47_A2.pdf

58. Toyota. (2016). *Mecanico Automotriz.org*. Obtenido de Mecanico Automotriz.org:
<https://www.mecanicoautomotriz.org/1428-manual-mantenimiento-componentes-chasis-carroceria-toyota>

ANEXOS

ANEXO I.

PLANOS DE ESTRUCTURA ANTIEMPOTRAMIENTO POSTERIOR



ANEXO II.

PLANOS PROTECCIÓN ANTIEMPOTRAMIENTO LATERAL

