



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

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

**TEMA: PROPUESTA DE DISEÑO DE UNA PLATAFORMA-  
CARROCERÍA PARA UN VEHÍCULO DE TRANSPORTE DE CARGA  
PESADA**

**AUTOR: CHALIAL VELASQUEZ RAUL ANDRES**

**DIRECTOR: ING. RAMIRO ANDRÉS ROSERO AÑASCO MSc.**

**Ibarra, FEBRERO 2019**

## CERTIFICADO

### ACEPTACIÓN DEL DIRECTOR

En mi calidad de director del plan de 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 "Propuesta de diseño de una plataforma-carrocería para un vehículo de transporte de carga pesada" presentado por el señor: Chalias Velásquez Raúl Andrés con número de cédula 040163195-7, 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 10 días del mes Febrero del 2019.

Atentamente.

  
Ing. Ramiro Rosero, MSc

DIRECTOR DEL TRABAJO DE GRADO



## AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### 1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de texto completos en forma digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información.

DATOS DE CONTACTO	
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>	040163195-7
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Chalial Velásquez Raúl Andrés
<b>DIRECCIÓN:</b>	Ibarra
<b>EMAIL:</b>	Raul-oxford@hotmail.com
<b>TELÉFONO FIJO: 2981-191</b>	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b> 0987368433
DATOS DE LA OBRA	
<b>TÍTULO:</b>	Propuesta de diseño de una plataforma-carrocería para un vehículo de transporte de carga pesada
<b>AUTOR:</b>	Chalial Velásquez Raúl Andrés
<b>FECHA:</b>	18 de Febrero del 2019
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA:</b>	PREGRADO
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ
<b>ASESOR/DIRECTOR</b>	Ing. Ramiro Rosero, MSc

## 2. AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Chialial Velásquez Raúl Andrés con cédula de identidad Nro. **040163195-7**, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la Biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## 3. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrollo, sin violar derechos del autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que son los titulares de los derechos patrimoniales, por lo que asumen la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrán en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 18 días del mes de Febrero del año 2019

**AUTOR:**



---

**Firma**

Chialial Velásquez Raúl Andrés  
C.C: 040163195-7



**DECLARACIÓN DE DERECHOS DE AUTOR**  
**TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**  
**TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, **Chalial Velásquez Raúl Andrés** con cédula de identidad Nro. 040163195-7, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado **Propuesta de diseño de una plataforma-carrocería para un vehículo de transporte de carga pesada**, que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO AUTOMOTRIZ** en la Universidad Técnica del Norte quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi Condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

---

**Firma**

Chalial Velásquez Raúl Andrés

C.C: 040163195-7

Ibarra, a los 18 días del mes de Febrero del año 2019

## **DEDICATORÍA**

*Lleno de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido mis pilares para seguir adelante.*

*Es para mí una gran satisfacción poder dedicarles a ellos, que con mucho esfuerzo, esmero y trabajo me lo he ganado.*

*A mis padres, porque ellos son la motivación de mi vida mi orgullo de ser lo que soy.*

*A mis hermanos y sobrinos, porque son la razón de sentirme tan orgulloso de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.*

*Sin dejar atrás a toda mi familia por confiar en mí, a mis abuelitos, tíos y primos, gracias por ser parte de mi vida y por permitirme ser parte de su orgullo.*

*Raúl Andrés....*

## *AGRADECIMIENTO*

*Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida de capacidad y entrega para cumplir mis objetivos. A toda mi familia por estar siempre presentes.*

*Agradezco, a los docentes, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial, al Msc. Ramiro Rosero tutor del proyecto de investigación, quien ha guiado con paciencia este proyecto final.*

# ÍNDICE DE CONTENIDOS

## PÁGINA

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xiv</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>xv</b>
<b>1 CAPÍTULO I</b> .....	<b>1</b>
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema .....	1
1.3 Formulación del Problema .....	2
1.4 Delimitación .....	2
1.5 Objetivos .....	2
1.5.1 Objetivo General .....	2
1.5.2 Objetivos Específicos .....	2
1.6 Alcance .....	3
1.7 Justificación .....	3
<b>2 CAPÍTULO II</b> .....	<b>4</b>
2.1 Transporte terrestre por carreteras .....	4
2.2 Vehículos de transporte pesado .....	4
2.2.1 Clasificación del transporte pesado .....	4
2.2.2 Pesos y dimensiones para vehículos de transporte pesado .....	5
2.2.3 Chasis de vehículos de transporte pesado .....	6
2.2.4 Bastidores para vehículos de transporte pesado .....	7
2.2.5 Estructura de transporte de carga pesada .....	9
2.3 Diseño de Carrocería para transporte pesado .....	11
2.3.1 Diseño para Manufactura .....	11
2.3.2 Diseño mecánico .....	13



2.3.3	Cargas y combinaciones de cargas .....	14
2.3.4	Cargas de acuerdo al punto de aplicación.....	16
2.3.5	Tipos de falla .....	16
2.3.6	Esfuerzo .....	17
2.4	Herramientas para el diseño y la manufactura.....	19
2.4.1	Software CAD .....	19
2.4.2	Software CAE .....	20
2.4.3	Método de Elementos Finitos. ....	22
<b>3</b>	<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>24</b>
3.1	Metodología de diseño.....	24
3.1.1	Factores de diseño de la plataforma.....	25
3.1.2	Requerimientos para el diseño y la simulación de la estructura.....	25
3.1.3	Selección de materiales.....	33
3.1.4	Dimensiones de la plataforma. ....	34
3.2	Diseño de la estructura en un software CAD.....	35
3.2.1	Vigas principales. ....	35
3.2.2	Travesaños .....	39
3.2.3	Bordes laterales.....	40
3.2.4	Piso .....	41
3.2.5	Lados de la carrocería de la plataforma.....	42
3.2.6	Elementos complementarios .....	43
3.3	Simulación de la estructura en un software CAE .....	47
3.3.1	Modelado. ....	49
3.3.2	Simulación en Ansys .....	49
<b>4</b>	<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>57</b>
4.1	Resultados simulación estructural .....	57
4.1.1	Plataforma sin corral.....	57

4.1.2	Plataforma con corral.....	60
4.1.3	Resultados de la simulación bajo la interacción de aire .....	63
4.2	Sistema de ensamblado de la plataforma.....	64
4.2.1	Corte .....	65
4.2.2	Perforado.....	65
4.2.3	Doblado.....	66
4.3	Costos de inversión.....	67
4.3.1	Costos de materiales .....	68
4.3.2	Costos de procesos de construcción .....	68
4.3.3	Flujograma del proceso de armado de la plataforma.....	69
4.3.4	Proceso de producción.....	70
4.3.5	Plano de organización de la planta a considerar .....	72
<b>5</b>	<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>73</b>
	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>73</b>
5.1	Conclusiones.....	73
5.2	Recomendaciones .....	74
<b>6</b>	<b>REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>75</b>
	<b>ANEXOS .....</b>	<b>79</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

### TABLA

### PÁGINA

<b>Tabla 2.1</b> Clasificación vehicular según la norma NTE INEN 2656 .....	5
<b>Tabla 2.2</b> Pesos y dimensiones para vehículos de transporte pesado .....	6
<b>Tabla 3.1</b> Metodología para el diseño de la plataforma -carrocería .....	24
<b>Tabla 3.2</b> Factores de Diseño de la plataforma-carrocería .....	25
<b>Tabla 3.3</b> Propiedades mecánicas .....	33
<b>Tabla 3.4</b> Perfil utilizado para el diseño estructural .....	34
<b>Tabla 3.5</b> método Skewness .....	48
<b>Tabla 3.6</b> Calificación de mallado .....	51
<b>Tabla 4.1</b> Costos de equipos .....	68
<b>Tabla 4.2</b> Costos de procesos de construcción .....	68
<b>Tabla 4.3</b> Simbología del proceso de producción.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

### FIGURA

### PÁGINA

<b>Figura 2.1</b> Chasis cabinado .....	7
<b>Figura 2.2</b> Chasis Independiente .....	7
<b>Figura 2.3</b> Perfil de largueros longitudinales .....	8
<b>Figura 3.1</b> Superficie de mayor impacto de aire en la plataforma.....	27
<b>Figura 3.2</b> Distribución de masas .....	29
<b>Figura 3.3</b> Ubicación de cargas .....	30
<b>Figura 3.4</b> Diagrama de fuerza cortante .....	30
<b>Figura 3.5</b> Diagrama de momento flector .....	31
<b>Figura 3.6</b> Punto crítico del bastidor .....	31
<b>Figura 3.7</b> Medidas del perfil del bastidor del camión.....	31
<b>Figura 3.18</b> Bordes laterales .....	41
<b>Figura 4.1</b> Deformación total .....	57
<b>Figura 4.2</b> Deformación vista posterior.....	58
<b>Figura 4.3</b> Esfuerzo de Von Mises .....	58
<b>Figura 4.4</b> Factor de seguridad análisis estático .....	59
<b>Figura 4.5</b> Factor de seguridad análisis a fatiga .....	60
<b>Figura 4.6</b> Deformación.....	60
<b>Figura 4.7</b> Deformación vista posterior.....	61
<b>Figura 4.8</b> Esfuerzo de Von Mises .....	61
<b>Figura 4.9</b> Factor de seguridad análisis estático .....	62
<b>Figura 4.10</b> Factor de seguridad análisis a fatiga .....	62
<b>Figura 4.11</b> Deformación de la carpa por la influencia del aire .....	63
<b>Figura 4.12</b> Deformación Esfuerzo de Von- Mises generado por el aire.....	63
<b>Figura 4.13</b> Máquina automática para corte de perfiles .....	65
<b>Figura 4.14</b> Máquina automática para perforado .....	66
<b>Figura 4.15</b> Máquina dobladora planchas metálicas .....	67

<b>Figura 4.16</b> Flujograma de procesos .....	69
<b>Figura 4.17</b> Procesos de producción 1 .....	71
<b>Figura 4.18</b> Proceso de producción 2 .....	71
<b>Figura 4.19</b> Proceso de ensamble .....	72
<b>Figura 4.20</b> Plano de la planta que se considera.....	72

## RESUMEN

En este proyecto de titulación se desarrolló el diseño y simulación estructural de una plataforma de carga pesada, la misma que va montada sobre un vehículo Hino GH-1726 de 2 ejes y que tiene una capacidad de carga de 12 toneladas. En desarrollo de este trabajo se utilizó bibliografía variada como libros, manuales, fichas técnicas, papers, páginas web y tesis, cabe mencionar, que este trabajo está constituido de cinco capítulos y en el primer se especifica antecedentes, objetivos y alcance del proyecto. Posteriormente, se desarrolla el marco teórico, donde se presenta de forma ordena el marco estructural que se debe seguir para la elaboración de la plataforma, también, se menciona normas, tipos de plataforma de carga, factores de diseño, etc. El tercer capítulo muestra el desarrollo de la propuesta, los parámetros considerados, la selección de materiales y la aplicación de softwares de modelo y simulación para la plataforma, como el Soliworks y Ansys. Los resultados encontrados en el proyecto corresponden a los valores obtenidos de esfuerzo de Von-Mises, deformación total y factores de seguridad mediante el análisis estático y a fatiga, cabe recalcar, que el valor más crítico obtenido es de 1,3 el mismo que corresponde al factor de seguridad de cuando el vehículo presenta la carga máxima y bajo las condiciones más extremas. Finalmente, ya con el modelo realizado y comprobado se realiza una esquematización para su fabricación, donde se sugiere maquinaria automática e hidráulica con aplicación de matrices en ciertos procesos, de tal forma que se proyecte hacia una producción masiva.

## **ABSTRACT**

In this titling project, the design and structural simulation of a heavy load platform was developed, which is mounted on a 2-axle Hino GH-1726 vehicle and has a load capacity of 12 tons. In the development of this work varied literature was used as books, manuals, technical sheets, papers, web pages and theses, it should be mentioned that this work is made up of five chapters and the first specifies the background, objectives and scope of the project. Subsequently, the theoretical framework is developed, where the structural framework that must be followed for the development of the platform is presented, as well as rules, types of loading platform, design factors, etc. The third chapter shows the development of the proposal, the parameters considered, the selection of materials and the application of model and simulation software for the platform, such as Soliworks and Ansys. The results found in the project correspond to the values obtained from Von-Mises stress, total deformation and safety factors through static analysis and fatigue, it should be noted that the most critical value obtained is 1.3, which corresponds to the safety factor when the vehicle presents the maximum load and under the most extreme conditions. Finally, already with the model made and tested is made a schematization for its manufacture, which suggests automatic and hydraulic machinery with application of matrices in certain processes, so that it is projected towards a mass production.

## INTRODUCCIÓN

El transporte pesado en el Ecuador es una de las actividades que más valor agregado le genera al país, ya que mediante este se transporta muchos elementos productivos como máquina para fábricas, alimentos a gran escala, insumos industriales, combustibles etc. Sin embargo, también constituyen uno de los principales autores generadores de accidentes más catastróficos en autopistas y perimetrales (ANT, 2018), los accidentes generados por este parque automotor están derivados de muchos factores como impericia del conductor, fallas técnicas y daños en estructuras de carga.

El diseño de plataformas en vehículos de transporte pesado debe cumplir especificaciones técnicas, para no ocasionar daños en las vías. Además, los talleres que se dedican a esta actividad, no deben sobredimensionar medidas. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO, 2019), a través de la Unidad de pesos y dimensiones, con el objeto de precautelar, beneficiar la conservación y mantenimiento óptimo de la infraestructura vial, realiza el control de los vehículos de carga pesada, remolques y semirremolques, a partir de 3.5 toneladas de peso bruto vehicular que efectúan operaciones de transporte de carga nacional o internacional en la Red Vial Estatal. Sin embargo, muchos talleres que se dedican a la construcción de plataformas, ignoran todos los procesos y normas que se deben cumplir. Por lo que en este trabajo se realiza el diseño de una plataforma y se corrobora la durabilidad de esta, mediante un proceso de simulación.



# CAPÍTULO I

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1.1 Antecedentes

Las estructuras de carga pesada cumplen especificaciones técnicas establecidas por el MTOP “Ministerio de Transporte y Obras Públicas”. En la actualidad este tipo de trabajos, tienen un desarrollo notable ya que se garantiza la seguridad de transporte y el impulso de la matriz productiva.

Actualmente en el área de carrocerías de carga pesada, se basa solo con la experiencia de los mecánicos artesanos, en algunos casos y en otros copiando modelos existentes, sin realizar estudios de sobrecarga y resistencia del material, generando productos de mala calidad, sobredimensionamiento de medidas, ocasionando desperdicio de material y consumo de combustible; afectando el costo final del servicio.

El diseño de una estructura es importante, porque se realiza un levantamiento de datos, para no sobredimensionar medidas obteniendo una estructura homogénea y optimizando los materiales de construcción.

Para cualquier diseño se necesita de un software CAD, que hace posible un mundo virtual con la realidad, para que un mecanismo sea eficaz y se logre establecer parámetros de seguridad.

### 1.2 Planteamiento del problema

Debido a la falta de preparación técnica y la escasa tecnología que existe en el Norte del País, generalmente el proceso metalmecánico, para la construcción de carrocerías de carga de vehículos pesados, se lo realiza de una manera empírica y artesanal.

En este ámbito, las carrocerías de carga de vehículos pesados, al no contar con especificaciones técnicas y de seguridad mínimas, se convierten en un peligro para los conductores y demás usuarios de la vía. Con estas condiciones el presente proyecto plantea un diseño de carrocería que cumpla con

especificaciones técnicas y de seguridad mínimas, fundamentado el diseño y la ingeniería asistidos por computador.

### **1.3 Formulación del Problema**

¿Por qué optimizar el diseño de la estructura plataforma-carrocería para vehículos de transporte pesado?

El diseño en un software CAD, es una herramienta importante para la ejecución de este proyecto, porque se realiza un modelado computacional, obteniendo planos de taller, para sintetizar una metodología de diseño. Además, se analiza su comportamiento mecánico mediante un software CAE. Esta forma es eficaz, porque se obtiene datos reales a través de una simulación virtual, para establecer parámetros de seguridad y que la estructura sea confiable bajo condiciones de sobrecarga.

### **1.4 Delimitación**

El proyecto se efectuará en la Universidad Técnica del Norte, en el mes de noviembre del 2017 hasta el mes de diciembre del año 2018. El levantamiento de datos se realizará en el taller, Metálicas y Carrocerías “Benavides”, ubicado en la provincia del Carchi; Parroquia de Julio Andrade. Entidad que auspicia información para lograr los objetivos establecidos.

### **1.5 Objetivos**

#### **1.5.1 Objetivo General**

Diseñar una estructura plataforma-carrocería para un vehículo Hino GH con capacidad de carga 12 toneladas.

#### **1.5.2 Objetivos Específicos**

- Realizar el diseño de la estructura0 plataforma/ carrocería en un software CAD.
- Simular el comportamiento estático de la estructura mediante un software CAE, mediante el análisis de los momentos y esfuerzos a los que se encuentra sometida la carrocería de carga del vehículo.

- Establecer un proceso de fabricación y ensamble por matrices para la construcción de la plataforma/ carrocería.

## **1.6 Alcance**

Para cumplir los objetivos establecidos, el alcance del proyecto se basa en la recopilación de datos, que permite establecer parámetros de funcionalidad y diseño de la estructura. Las actividades es investigar el proceso de ensamble de la plataforma-carrocería, incluido el manual de carrozado, además se realiza el diseño y simulación empleando el software CAD-CAE. Elaborar los planos de taller y conjunto de la alternativa adecuada y proponer un sistema de ensamble por matrices, adaptable para vehículos de transporte pesado, que tienen la capacidad de transportar 12 toneladas.

El estudio estructural se realizará mediante una simulación estática, para analizar los puntos críticos de la carrocería, de esta forma proponer un diseño acorde con las especificaciones técnicas del “MTO” Ministerio de Transporte y Obras.

## **1.7 Justificación**

La realización del presente proyecto contribuye con el taller de carrocerías y metálicas “BENAVIDES”, para que garanticen los procesos de fabricación; fundamentada en especificaciones técnicas y de diseño, además de la optimización de material y costos de fabricación. Según el plan nacional de desarrollo (PND) el proyecto se vincula con el objetivo 5: Establecer e impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico sostenible de manera redistributiva y solidaria (PND, 2017, pág. 80).

El presente trabajo se vincula con este objetivo porque contribuye con el desarrollo efectivo de transporte, garantizando la entrega adecuada de productos, insumos y materiales en las distintas zonas del país.

La elaboración de este tipo de estructuras garantiza el proceso de exportación nacional, y contribuye con el desarrollo económico del país. Además, contribuye en el ámbito laboral ya que se requiere de talento humano calificado para realizar esta actividad.

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

#### **2.1 Transporte terrestre por carreteras**

El transporte pesado aporta con el desarrollo económico del país, el objetivo principal de esta actividad es optimizar tiempo, recursos y dinero, porque transporta volúmenes considerables de carga dentro o fuera del país. Para lograr esta actividad se necesita de estructuras de material liviano, para no esforzar la capacidad de trabajo del motor y disminuir la contaminación ambiental.



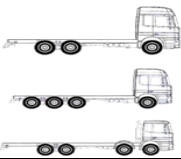


#### **2.2 Vehículos de transporte pesado**

Estos vehículos están diseñados para el transporte de carga, tienen motores que presentan alta potencia y torque. Existe una gran variedad de vehículos, dependiendo del número de ejes y las dimensiones del bastidor, estos valores son importantes ya que se designa un código para cada tipo de chasis. Los vehículos que transporten mercancías peligrosas, por la red vial del país, deberán asegurar la carga con elementos de sujeción, además deben plasmar en el contenedor rótulos de advertencia que identifique la sustancia química transportada.

##### **2.2.1 Clasificación del transporte pesado**

La clasificación de vehículos para transporte pesado, se establece de acuerdo a la norma NTE INEN 2656. La norma aplica a los vehículos dependiendo de su diseño, uso y de su peso bruto vehicular, porque deben acoplarse a una estructura, para transporte de carga liviana o pesada (NTE-INEN 2656, 2012, págs. 8,9). Esta norma aplica códigos para vehículos motorizados, hay que tener en cuenta estos parámetros, para diseñar la estructura planteada en este proyecto. En la Tabla 2.1 indica el código asignado para cada vehículo y su descripción.

**Tabla 2.1** Clasificación vehicular según la norma NTE INEN 2656

	SUBCLASE	CLASE	DESCRIPCIÓN
CML	N1	CAMIÓN LIGERO. 	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
CMM	N2	CAMIÓN MEDIANO 	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 ejes.
CMP	N3	CAMIÓN PESADO. 	Vehículo para el transporte de carga provisto de un chasis cabinado al que se puede montar una estructura para transportar carga, con un número de 2 o más ejes.
TCM	N3	TRACTO CAMIÓN 	Vehículo diseñado esencialmente para apoyo y arrastre de una unidad de carga (semirremolque).
CHC	N1 N2 N3	CHASIS CABINADO 	Vehículo de carga incompleto con cabina incorporada, destinada para instalar un elemento de carga u otro tipo de equipamiento.

(NTE-INEN 2656, 2012, págs. 8,9)

### 2.2.2 Pesos y dimensiones para vehículos de transporte pesado

Los vehículos de transporte pesado deben cumplir especificaciones técnicas, para no ocasionar daños en las vías. Además, los talleres que se dedican a esta actividad, no deben sobredimensionar medidas. Según el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), a través de la Unidad de pesos y dimensiones, con el objeto de precautar, beneficiar la conservación y mantenimiento óptimo de la infraestructura vial, realiza el control de los vehículos de carga pesada, remolques y semirremolques, a partir de 3.5 toneladas de peso bruto vehicular que efectúan operaciones de transporte de carga nacional o internacional en la Red Vial Estatal.

Las unidades de carga, remolque y semirremolques deberán cumplir con las dimensiones y pesos permitidos establecidos en la Tabla Nacional de Pesos y dimensiones, sus propietarios podrán obtener del Ministerio de Transporte los correspondientes certificados de operación regular o especial, en los que

constatarán las especificaciones técnicas, pesos y dimensiones máximos permitidos, además de los datos que sean requeridos por la entidad (MTO, 2016, pág. 1), en la Tabla 2.2 se especifica los pesos y dimensiones para cada automotor.

**Tabla 2.2** Pesos y dimensiones para vehículos de transporte pesado

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR PERMITIDO (Toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Acho	Alto
2D			7	5.50	2.60	3.50
2DA			10	7.50	2.60	3.50
2DB			18	12.20	2.60	4.10
3-A			27	12.20	2.60	4.10
4-C			31	12.20	2.60	4.10
4-0			34	12.20	2.60	4.10
V2BD			18	12.20	2.60	4.10
V3A			27	12.20	2.60	4.10
T2			18	8.50	2.60	4.10
T3			27	8.50	2.60	4.10

(MTO, 2016, pág. 1)

### 2.2.3 Chasis de vehículos de transporte pesado

El chasis es una estructura, que sujeta todo el sistema de seguridad activa del vehículo. Soporta cargas y ofrece una resistente protección en caso de accidente. Para el transporte de gran tonelaje por ruta, el chasis debe adaptarse con facilidad, tener resistencia para maximizar la carga útil, pero ser suficientemente liviano para economizar combustible.

#### 2.2.3.1 Chasis Cabinado

Este chasis se encuentra compuesto por un par de largueros que recorre todo el vehículo de manera longitudinal, se encuentra unido entre sí gracias a diversas placas de acero; que a la vez soportan otros componentes. En la Figura 2.1 se define, un chasis para un vehículo mediano de dos ejes.



**Figura 2.1** Chasis cabinado  
(Hino, 2013, pág. 5)

### 2.2.3.2 Chasis Independiente

Este tipo de chasis, se utiliza para el transporte urbano e interurbano de pasajeros. En la figura 2.2 se identifica el bastidor que esta reforzado con largueros dobles, combina robustez con resistencia y facilita la instalación de equipos.

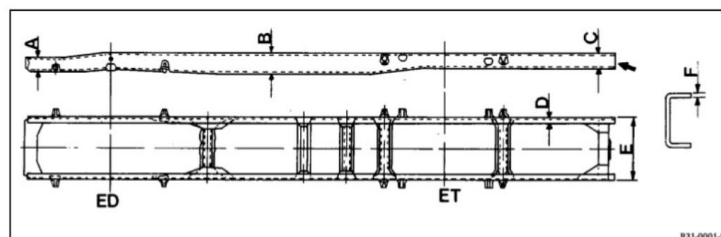


**Figura 2.2** Chasis Independiente  
(Hino, 2013, pág. 7)

## 2.2.4 Bastidores para vehículos de transporte pesado

### 2.2.4.1 Bastidor de largueros longitudinales

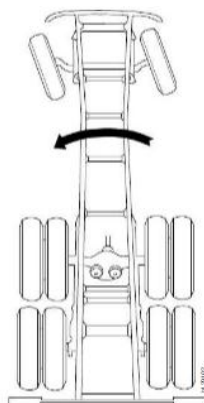
Los perfiles que utiliza este vehículo, son de tipo “C”. Fabricados de acero, de esta forma aumenta su inercia y un factor de seguridad valido para este tipo de estructuras, su diseño cuenta con varios travesaños para aumentar su rigidez. En la figura 2.3 se observa, perforaciones a lo largo del perfil, para aumentar sus parámetros físicos y lograr un diseño, aceptable para condiciones extremas de carga.



**Figura 2.3** Perfil de largueros longitudinales  
(Benz)

#### 2.2.4.2 Bastidor tipo escalera

Estos bastidores son utilizados para adaptar, otra superestructura rígida. Se forman de dos perfiles en “U” y ocho travesaños, que forman un sistema tipo escalera. Este diseño depende de las condiciones y parámetros del manual de carrozado, para adaptar una superestructura con un voladizo que este dentro de los parámetros de diseño. En la Figura 2.4, se indica el bastidor con sus diferentes elementos de seguridad activa del vehículo.



**Figura 2.4** Bastidor tipo escalera  
(Scania, 2004)

#### 2.2.4.3 Bastidor perfiles reforzados.

Utilizados para soportar grandes pesos, resistentes a la torsión. El perfil es de tipo “U” ajustándose a las exigencias de fuerzas estáticas y dinámicas durante el viaje. La distancia entre cada travesaño es importante ya que le da una mejor estabilidad al vehículo. Hino utiliza acero de alta tensión, en los bastidores de



todos los vehículos. Es más fuerte que el acero estructural, en base a la misma masa y en contraste, cuando se requiere la misma resistencia, puede volver más liviana la carrocería (Hino, 2015). En la figura 2.5 se indica el tipo de bastidor que utiliza Hino.



**Figura 2.5** Bastidor de perfil reforzado  
(Hino, 2015)

### **2.2.5 Estructura de transporte de carga pesada**

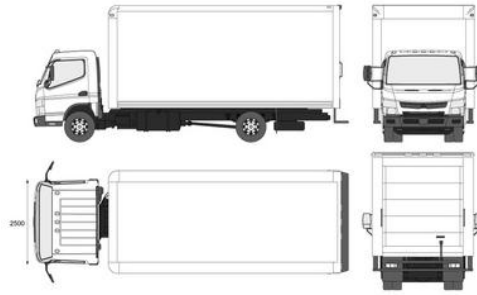
Estructura para transporte pesado, es un equipo adicional que se acopla al chasis del vehículo, destinada a transportar carga, sin perder las condiciones de funcionalidad con las que fue diseñada. Este tipo de estructuras deben tener un menor peso y facilidad constructiva con materiales existentes en el mercado. A continuación, se especifica los tipos de estructura que existen para transporte pesado.

#### **2.2.5.1 Tipo de Estructura para transporte pesado**

Existen algunos tipos de estructuras o plataformas para vehículos de carga pesada, las mismas tienen ciertas variaciones, dependiendo del tipo de carga que se transporte o el lugar donde realice su trabajo, a continuación, se especifican las estructuras más utilizadas en el país.

#### **2.2.5.2 Furgón Metálico**

Las características de esta estructura, son limitadas, se fabrica para el transporte de productos secos o refrigerados; su capacidad de carga es de cinco toneladas. En la figura 2.6 se observa, el furgón metálico.

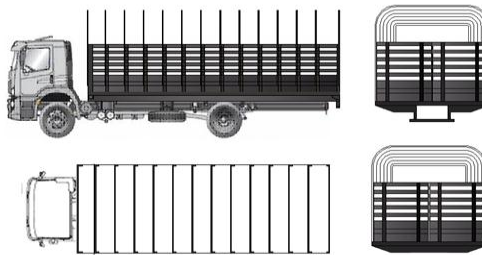


**Figura 2.6** Furgón metálico

(Mitsubishi, 2016, pág. 1)

### 2.2.5.3 Carrocería Fija

Este tipo de estructuras transporta productos a granel. Está construido por dos vigas principales tipo chasis. Elaborada con materiales existentes en el mercado, capacidad de carga de diez toneladas. En la figura 2.7 se indica la estructura.



**Figura 2.7** Carrocería Fija

### 2.2.5.4 Carrocería para transporte especial de líquidos

Actualmente en el país existen mercancías, bienes o servicios, que por su naturaleza y dimensiones requieren de una estructura y un vehículo especial, adaptado para transportar líquidos o cargas peligrosas. En la Figura 2.8 se observa la estructura.



**Figura 2.8** Estructura para transporte de líquidos

## **2.3 Diseño de Carrocería para transporte pesado**

Para desarrollar el diseño de carrocerías para transporte pesado se debe considerar algunos parámetros, los mismos que deben estar regidos y controlados bajo normas internacionales como nacionales. Estas normas controlan el diseño seguro de una estructura, así como también su proceso de construcción, donde la mayoría de las empresas debe cumplir ciertos requisitos que cada país debe implementar, para la conservación del medio ambiente y salud laboral de sus trabajadores.

### **2.3.1 Diseño para Manufactura**

Considerado como una fase de producción económica, porque se realiza una transformación de materia prima en productos requeridos por el cliente. Es importante este proceso porque optimiza tiempo, recursos y da un enfoque más claro de lo que es costo-beneficio.

Además, se conoce como un conjunto de actividades para lograr un objetivo específico en el cual se debe planear, integrar, organizar, dirigir y controlar las etapas de manufactura. En síntesis, es la transformación de materia prima, en artículos útiles para la sociedad.

#### **2.3.1.1 Diseño de producto.**

Es un conjunto de actividades que se llevan a cabo antes de producirlo, en donde se determinan sus atributos, especificaciones y condiciones. Este proceso inicia cuando se han logrado interpretar las necesidades de un consumidor a partir de una investigación de mercados y termina cuando se han definido las especificaciones del producto y se logran transformar en procesos de manufactura.

#### **2.3.1.2 Procesos de manufactura.**

Proceso de fabricación que tiene como objetivo minimizar operaciones de trabajo y optimizar la materia prima. Mediante maquinas o herramientas se cambia la estética y el tamaño del material. De manera general los procesos de manufactura se clasifican en cinco grupos en la tabla 2.3 se indican los procesos.

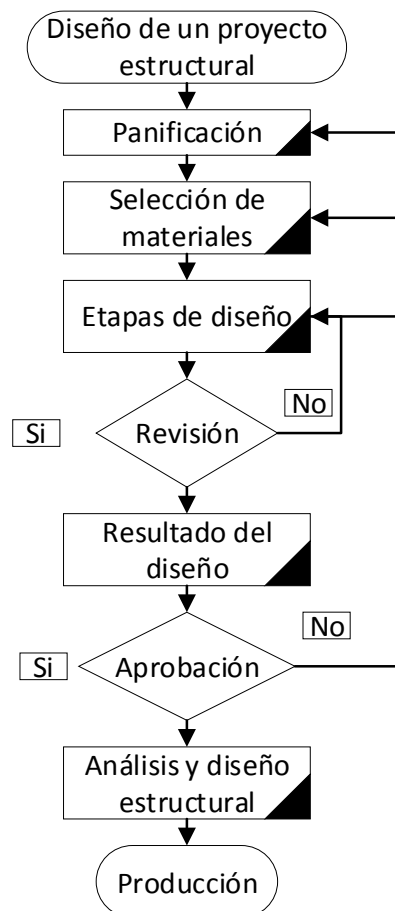
**Tabla 2.3** Clasificación de los procesos de manufactura

Proceso	Tipo
Procesos que cambian la forma del material	Metalurgia extractiva
	Fundición
	Formado en frío y caliente
	Metalurgia de polvos
	Moldeo de plástico
Procesos que provocan desprendimiento de viruta por medio de máquinas	Métodos de maquinado convencional
	Métodos de maquinado especial.

(Herrera, 2010)

### 2.3.1.3 Etapas de un diseño estructural

Las etapas de diseño, es la base fundamental del proceso de manufactura. En la figura 2.9 se indica un flujograma para seguir una secuencia y lograr un producto final que cumpla con las necesidades del cliente.

**Figura 2.9** Etapas de un diseño estructural

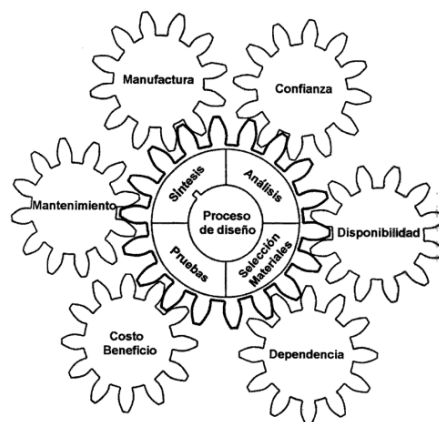
### 2.3.2 Diseño mecánico

Diseñar es crear un mecanismo en base a normas, para satisfacer una necesidad o resolver un problema. Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro y que pueda comercializarse. El término de diseño en ingeniería establece conocimientos técnicos, para representar un mecanismo gráficamente en un software CAD y obtener un factor de seguridad óptimo.

El diseño es un proceso de fases interactivas. Existen muchos recursos para apoyar al diseñador, entre los que se incluyen muchas fuentes de información y una gran abundancia de herramientas de diseño por computadora. El ingeniero de diseño no solo necesita desarrollar competencia en su campo, sino que también debe cultivar un fuerte sentido de responsabilidad y ética de trabajo profesional Según (Nisbeet., 2008).

#### 2.3.2.1 Proceso de diseño en ingeniería

El proceso de diseño en ingeniería, es un conjunto de tareas fundamentales, que asocian diferentes conocimientos para brindar apoyo cuando se está trabajando en un objetivo específico del proyecto. Hay que seguir una secuencia lógica para cumplir el proceso de diseño. En la Figura 2.10 se puede apreciar de forma esquematizada el proceso de diseño ingenieril.



**Figura 2.10** Proceso de diseño en ingeniería

Fuente: (Nisbeet., 2008)

### **2.3.2.2 Especificaciones y requisitos de diseño**

En la actualidad no existen códigos o normas que establezcan disposiciones generales para el diseño de estructuras para transporte pesado, con estas características. Por lo que el presente proyecto es necesario hacer uso de los reglamentos nacionales y códigos internacionales existentes para construcciones de acero y adaptarlas a los requerimientos de la plataforma-carrocería.

### **2.3.2.3 Métodos de factores de carga y resistencia “LRDF”**

Método que permite realizar el dimensionamiento de elementos estructurales de tal forma que la resistencia de diseño iguale o exceda las solicitaciones de diseño provenientes de las combinaciones por las distintas cargas, además incluye características de procedimientos para diseños que comúnmente asocian las propiedades del material.

### **2.3.2.4 Resistencia requerida**

La resistencia de elementos estructurales y sus debidas conexiones se calcula por medio de un análisis estructural, en donde intervienen todas las cargas utilizadas. Esto permite realizar estudios estructurales elásticos, inelásticos y plásticos, dependiendo las cargas o material que se use los análisis varían.

### **2.3.2.5 Estado límite**

El termino estado de límite es conocido a la condición en donde un sistema o elemento no cumple con el propósito para el cual fue diseñado. Las disposiciones de todo diseño han justificado que la posibilidad de lograr el estado límite se minimiza en el rango de valores aceptables. Cabe mencionar, que esto se da cuando se utiliza factores de carga, resistencia y de seguridad, adecuadamente y que estén dentro de valores nominales establecidos en normas y bajo buenas condiciones de diseño.

## **2.3.3 Cargas y combinaciones de cargas**

### **2.3.3.1 Carga estática**

La carga estática o llamada carga muerta son cargas de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar. Éstas son los pesos propios de la estructura y otras cargas permanentemente unidas a ella. Para diseñar una estructura es

necesario estimar los pesos o cargas muertas de sus componentes. Las dimensiones y pesos exactos de las partes no se conocen hasta que se hace el análisis estructural y se selecciona los miembros de la estructura. Los pesos determinados de acuerdo con el diseño deben compararse con los pesos estimados. Si se tiene grandes discrepancias, será necesario repetir el análisis y efectuar el diseño con una estimación más precisa de las cargas. Una estimación razonable de las cargas en la estructura puede hacerse en base a fórmulas o tablas disponibles en diversos códigos y catálogos.

### 2.3.3.2 Cargas dinámicas

Las cargas dinámicas son aquellas que pueden cambiar de lugar y magnitud, es decir, todas las cargas que no son muertas, son dinámicas. Las cargas que se mueven bajo su propio impulso o que pueden ser desplazadas como: camiones, personas, muebles, materiales de almacén, entre otras, se denominan cargas móviles. Otras cargas dinámicas son aquellas causadas al construir o por efectos climáticos tales como: viento, lluvia, sismo, suelos y cambio de temperatura.

Las cargas más usuales consideradas en el diseño de semirremolques son las que se describen en la tabla 2.4.

**Tabla 2.4** Cargas dinámicas

<b>Tipo de carga</b>	<b>Detalle</b>
<b>Carga de seguridad</b>	En el diseño estructural es necesaria la consideración de una carga de seguridad, que permita garantizar el perfecto funcionamiento de una estructura frente a un supuesto uso indebido de la misma o una carga extra por encima de la nominal que pudiera darse.
<b>Carga viva</b>	La carga viva representa la suma de la carga a transportar y la carga de seguridad, donde la carga a transportar son los cargamentos probables debida a la ocupación y el uso de la plataforma, estas suelen ser consideradas como cargas Uniformemente distribuidas sobre el área del piso.
<b>Carga de impacto</b>	En el diseño de la estructura es necesario considerar la carga vertical originada por saltos, debido muchas veces a la irregularidad de la vía por la que se circula, y que pueden generar fisuras en las vigas principales, así como en los demás elementos.
<b>Carga de viento</b>	Las magnitudes de las cargas de viento varían con la localidad geográfica, las alturas sobre el nivel del terreno, superficie de contacto, geometría de la estructura, los tipos de terreno que rodean el edificio o estructura.

Fuente: (Nisbeet., 2008)

### 2.3.4 Cargas de acuerdo al punto de aplicación

#### 2.3.4.1 Carga puntual

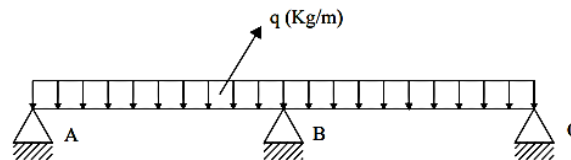
Se considera una carga puntual, cuando la fuerza aplicada se concentra en un área específica del elemento. Además, se analiza para ver cómo se deforma el material y comprobar mediante pruebas de ensayo, si resiste bajo esa condición de carga, en la figura se indica una viga con dos cargas puntuales.



**Figura 2.11** Carga puntual

#### 2.3.4.2 Cargas distribuidas

Las cargas distribuidas resultan de la división del peso con respecto a los puntos de apoyo de una viga. Se realiza este proceso porque se necesita conocer donde hay más concentración de esfuerzo para poder modificar el factor de seguridad. En la figura 2.12 se representa una carga distribuida con tres puntos de apoyo.

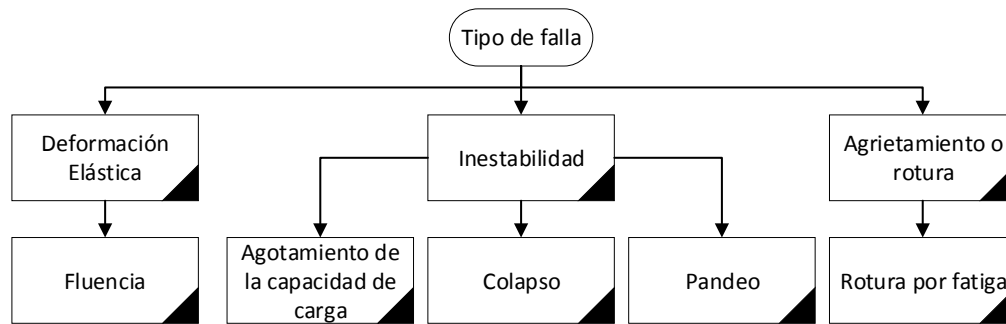


**Figura 2.12** Carga distribuida

### 2.3.5 Tipos de falla

Una falla es la pérdida de funcionalidad de una parte, estructura o elemento, para evitar este hecho, en el diseño de una estructura se toma en cuenta las cargas máximas que se aplicarán al elemento, y el factor de seguridad con el cual dicho elemento será diseñado. A continuación, en la figura 2.13 se puede apreciar los tipos de falla desde un enfoque general.





**Figura 2.13** Tipos de falla de una estructura.

Fuente: (Nisbeet., 2008).

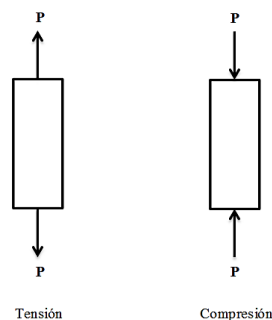
### 2.3.5.1 Factor de seguridad

La seguridad de un componente es la capacidad de éste a soportar una carga en las condiciones normales de funcionamiento; para esto es muy importante el factor de seguridad, mismo que tiene en consideración las imperfecciones del material, deficiencias del método de cálculo, fallos en la construcción y diseño de la estructura y variaciones de las cargas aplicadas en el conjunto ensamblado. Los factores de seguridad varían desde 1 hasta 10. Para el caso de este tema de tesis se analizará el factor de seguridad de cada elemento de la estructura con ayuda del software de diseño computacional siendo óptimo un factor de seguridad que oscile entre 1 y 3.

### 2.3.6 Esfuerzo

#### 2.3.6.1 Esfuerzo Normal

Se conoce como esfuerzo normal, cuando un elemento es sometido a una fuerza constante que actúa normalmente a la sección transversal, dicho esfuerzo puede ser de tensión o de compresión. en figura 2.14 se indica el esfuerzo.



**Figura 2.14** Elemento sometido a tensión y compresión.

Fuente: (Nisbeet., 2008)

El esfuerzo se representa por la letra griega sigma ( $\sigma$ ) y matemáticamente con la siguiente ecuación:

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad [ 2.1 ]$$

Dónde:

$P$ : Fuerza dada en Newton (N).

$A$ : Área de la sección transversal dada en metros cuadrados ( $m^2$ ).

Se emplea signo positivo cuando el esfuerzo es de tensión y signo negativo cuando el esfuerzo es de compresión. La unidad de medición del esfuerzo son Pascales (Pa) en el sistema internacional y en el sistema inglés Psi.

#### **2.3.6.2 Esfuerzo cortante.**

Se llama esfuerzo cortante ( $\tau$ ), a la intensidad de fuerza, o fuerza por área unitaria, actuando tangente al área de la sección transversal. El esfuerzo cortante promedio está dado por la ecuación:

$$\tau = \frac{V}{A} \quad [ 2.2 ]$$

Dónde:

$V$ : Fuerza cortante interna dada en Newton (N).

$A$ : Área de la sección transversal medida en metros cuadrados ( $m^2$ ).

#### **2.3.6.3 Esfuerzo permisible**

El esfuerzo permisible es el que limita a la carga aplicada a un valor que sea menor al que un elemento puede soportar, de esta manera garantiza la seguridad. Para especificar la carga permisible se usa el factor de seguridad (FS).

$$FS = \frac{F. falla}{F. permisible} \quad [ 2.3 ]$$

Dónde:

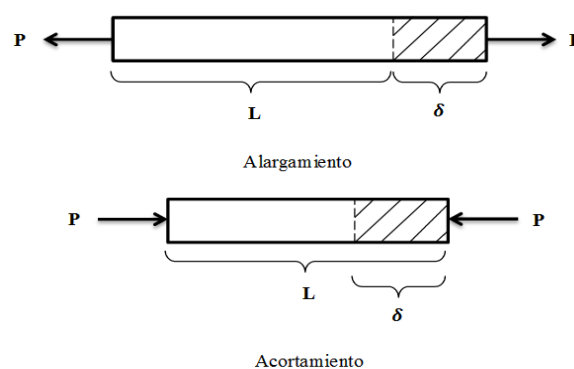
$FS$ : Factor de Seguridad

$F.falla$ : Carga de falla

$F.permisible$ : Carga Permisible

#### 2.3.6.4 Deformación

La deformación total describe la deformación por cambios en la longitud de segmentos de líneas y los cambios en los ángulos en un cuerpo sometido a cargas Figura 2.15. En tensión el elemento aumenta su longitud y en compresión el elemento reduce su longitud.



**Figura 2.15** Deformación unitaria de un elemento.

Fuente: (Nisbeet., 2008)

## 2.4 Herramientas para el diseño y la manufactura

Existen algunas herramientas que sirven para el diseño y manufactura de elementos mecánicos, pero para el desarrollo de este proyecto es indispensable la utilización de distintos tipos de software para diseño mecánico los cuales se clasifican de la siguiente forma:

### 2.4.1 Software CAD

En la actualidad los programas de diseño asistidos por computador, han tenido un incremento notable en la industria; ya que se agiliza procesos de manufactura. El software CAD diseña y sintetiza ideas, creando productos útiles para la sociedad. Con la ayuda del software, se dibuja modelos de sólidos o estructuras, para seleccionar el material óptimo y reducir el tiempo de elaboración.

## 2.4.2 Software CAE

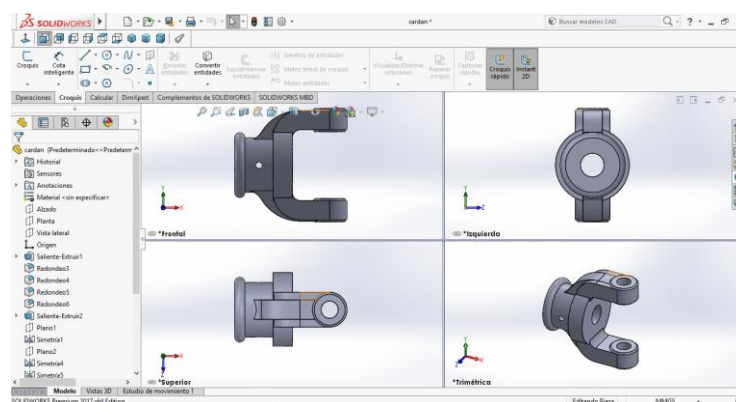
Ingeniería de software que se encarga del conjunto de programas informáticos para realizar pruebas virtuales y analizar los puntos críticos de la estructura; logrando de esta forma reducir pruebas de ensayo, para lograr el producto deseado. De acuerdo a lo especificado anteriormente los instrumentos que se van a utilizar para el desarrollo de este trabajo de investigación son:

### 2.4.2.1 Investigación documental

Mediante la obtención de información en documentos de investigación como libros, publicaciones, tesis, ensayos, entre otros. Utilizando procedimientos sistemáticos de tratamientos de datos. Para la obtención de resultados se utilizará herramientas computacionales como programas de diseño mecánico y programas para el desarrollo de los modelos matemáticos como son: Solidworks, Ansys y MD-solid.

### 2.4.2.2 Solidworks

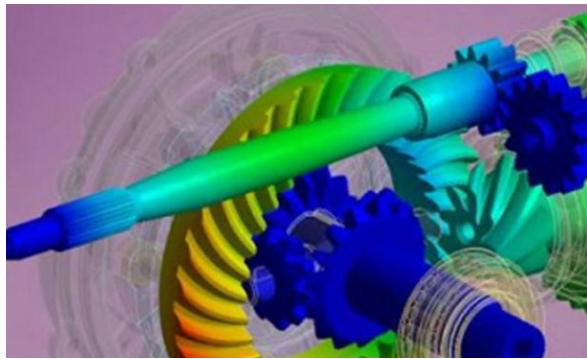
Es un programa de diseño mecánico que se utilizará para la creación del modelo de la plataforma que tendrá dimensiones reales. Las herramientas del programa facilitan la creación de planos, el ensamblado de elementos y componentes como son: Perfiles de la base, parantes, vigas, sujetadores, etc. Además, tiene una extensa biblioteca de distintos materiales como sus propiedades físicas y térmicas. En la figura 2.16 se indica una pieza realizada en el software CAD.



**Figura 2.16** Pieza realizada en Solidworks

### 2.4.2.3 Ansys Static Structural

Se trata de un programa muy completo que se basa en elementos finitos que permite realizar la simulación y análisis del comportamiento mecánico estructural de un elemento o un conjunto completo, será utilizado para la obtención de resultados, gráficas y ver el comportamiento de las distintas deformaciones de los elementos mecánicos de la plataforma.



**Figura 2.17** Simulación de conjunto de engranes en Ansys

(ANSYS Iberia, S.L, 2016)

Este programa será utilizado en este proyecto debido a que es un software CAE que permite manipular el mallado y optimizar los resultados de una simulación.

### 2.4.2.4 MD-Solid

Este software permite realizar cálculos de ingeniería, es una herramienta de cálculo rápido y fácil de usar en análisis que involucran columnas, vigas, recipientes de presión (MD-solid, 2018).

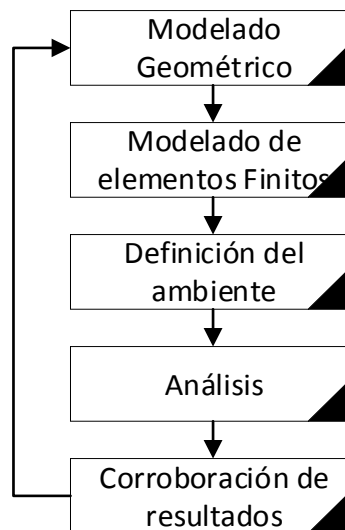
Para comprender como trabajan los programas de ingeniería de modelación y simulación es indispensable tener una idea clara de cómo operan los mismo y bajo qué condiciones los resultados obtenidos son válidos. Por eso a continuación se explica en el método de elementos finitos que es la base fundamental de operación de todo software de ingeniería.

### 2.4.3 Método de Elementos Finitos.

#### 2.4.3.1 Proceso para el análisis por MEF (método del elemento finito)

Este método de resolución numérica utiliza ecuaciones diferenciales, las soluciones que se obtienen son aproximadas muy cercanas a las exactas, en números finitos denominados nodos.

En los puntos que no son nodos, la solución aproximada se la puede encontrar mediante metodologías de interpolación. A continuación, en la Figura 2.18 se muestra un diagrama en donde se especifica cómo trabaja el método de elementos finitos.

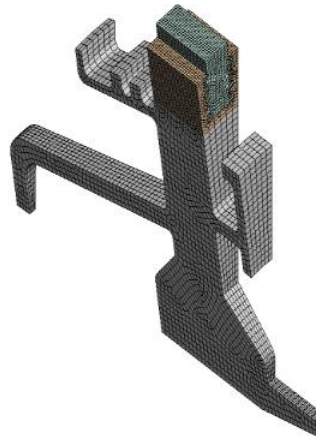


**Figura 2.18** Proceso para el análisis por método de elementos finitos

(Carnicero, A, 2018)

#### 2.4.3.2 Pre-proceso de mallado

En un proceso simulación uno de los aspectos más críticos es el mallado, puesto que de esto depende la exactitud de los resultados, el exceso de módulos puede generar programas muy pesados y consumir muchos recursos computacionales a más que pueden dar resultados inexactos, a continuación, en la Figura 2.19 se puede ver como debe ser un proceso de mallado adecuado.



**Figura 2.19** Proceso de mallado

Fuente: (Carnicero, A, 2018)

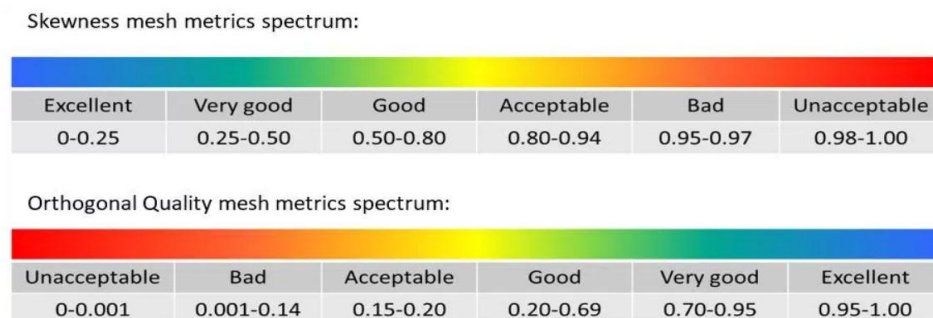
Para el desarrollo de este proceso existen un sin número de elementos que tienen distintas geometrías, los mismos que se diferencian por el número de nodos, en la Tabla 2.1 se muestra los tipos de elementos existentes y el número de nodos que controlan por volumen.

**Tabla 2.5** Tipos de malla

Forma del elemento	Nodo por volumen de control
Tetraedro	4
Pirámide	5
Prisma	6
Hexaedro	8

Fuente: (Carnicero, A, 2018)

Para la obtención de buenos resultados en la simulación se debe tener una buena calidad de mallado en Ansys se evalúa por medio de estadísticas de calidad cuyos parámetros se especifican en la Figura 2.20.



**Figura 2.20** Especificaciones para el mallado.

Fuente: (Smith, 2017, pág. 1)

## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DE LA PROPUESTA

#### 3.1 Metodología de diseño

La metodología del diseño, inicia con el levantamiento de datos, previamente se realiza planos de taller para definir las dimensiones de los elementos estructurales, para seleccionar el material que va a constituir la estructura. Una vez realizado el diseño la segunda etapa es identificar las cargas que se consideran que van a inducir, o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentra, por ejemplo, las acciones permanentes como la carga muerta, acciones variables como la carga viva, y acciones accidentales como el viento e impacto.

El análisis de esfuerzos de la estructura lleva a la determinación de la respuesta del sistema estructural, ante la sollicitación de las acciones externas que pueden incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada, está en función de sus propias características y puede expresarse en deformaciones, esfuerzos, reacciones, entre otros. En esta etapa se define la estructura y se revisa si cumple con los requisitos de seguridad adoptados. La fase del diseño es un proceso que da forma a un sistema estructural, para cumplir una función determinada, con un grado de seguridad confiable. En la tabla 3.1 indica la metodología del diseño que se va a seguir para este proyecto.

**Tabla 3.1** Metodología para el diseño de la plataforma -carrocería

Metodología para el diseño de la plataforma -carrocería	Factores de diseño de la plataforma-carrocería
	Dimensiones para el diseño
	Selección de materiales
	Diseño de la estructura en un software CAD
	Simulación de la estructura en un software CAE
	Proceso de ensamble por matrices



### 3.1.1 Factores de diseño de la plataforma.

Sabiendo que el chasis del automotor va a soportar la carga establecida anteriormente se inicia con el levantamiento de datos y se define los parámetros que se debe considerar para realizar el diseño de la estructura y que se especifican en la tabla 3.2.

**Tabla 3.2** Factores de Diseño de la plataforma-carrocería

<b>Factores</b>	<b>Concepto</b>
Disponibilidad de materiales	Factor que se refiere a la fácil adquisición de materiales o equipos existentes en el mercado.
Seguridad	El funcionamiento de la Plataforma-Carrocería tiene como objetivo transportar carga pesada por las diferentes vías del país. Debe cumplir estándares de seguridad para que no involucre el riesgo de vidas humanas y no afecte el medio ambiente.
Mantenimiento	Tiene como referencia un mantenimiento preventivo, fácil de la plataforma-carrocería.
Costo de fabricación	Es importante para el diseño porque la estructura debe estar al alcance del cliente, debe tener una competitividad y aceptación en el mercado.
Facilidad de diseño	Hace referencia a la homogeneidad de la estructura para reducir costos y reducción de material.
Peso de la estructura	La estructura debe ser liviana y con materiales resistentes para no esforzar la potencia del motor.
Aceptación por los clientes	Debe tener una gran acogida por el mercado, para aportar con la matriz productiva del plan nacional del buen vivir.

### 3.1.2 Requerimientos para el diseño y la simulación de la estructura

Para iniciar con el diseño de la plataforma primero se identifica las cargas principales del vehículo, para obtener datos claros y realizar los cálculos correctos para trabajar con el software CAE. Además, debemos encontrar el punto crítico del bastidor e identificar el diseño particular de ese punto.

#### 3.1.2.1 Peso propio (Pp)

Este tipo de reacción corresponde al peso que tiene toda la estructura que va a ser sometida al análisis, en este caso al tener un sin número de elementos se toma como peso propio al valor resultantes de la masa de la estructura

multiplicada por la aceleración gravitatoria. Cabe mencionar que el valor genera el software donde se realizó el diseño son 4629205,34 y 5517682,84 gr valores que corresponde a la masa que tiene la plataforma sin y con el corral respectivamente.

### 3.1.2.2 Carga Viva ( $C_v$ )

Este tipo de reacción se determina con la siguiente ecuación:

$$C_v = CT + SC \quad [3.1]$$

Donde (CT) corresponde a la carga total de transporte y (SC) es la sobrecarga que soportaría como máximo la estructura. De acuerdo con la norma internacional ISO el valor máximo de SC que se debe considerar para el diseño de una plataforma corresponde al 10% del valor CT. (Andrade Vargas & Sánchez Acosta, 2007, pág. 75)

$$C_v = (12000kg + (0,1 * 12000kg)) * \frac{9,81m}{s^2} = 129492 N$$

### 3.1.2.3 Cargas de impacto ( $C_{imp}$ )

Este tipo de reacción actúa cuando el vehículo se encuentra en movimiento, para considerar los efectos que puede ocasionar este tipo de carga la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) establece que el valor máximo que se debe considerar es el 30% de la carga viva (Andrade Vargas & Sánchez Acosta, 2007, pág. 76).

$$C_{imp} = 0,3 * 129492 N = 38847,6 N$$

$$C_{imp} = 38847,6 N$$

Entonces, la carga viva total (CVT) que se utilizará para el desarrollo de la simulación es.

$$CVT = C_v + C_{imp} = 129492 N + 38847,6 N$$

$$CVT \approx 168340 N$$

### 3.1.2.4 Cargas de viento

Es un tipo de reacción es la que se opone al movimiento de cualquier objeto que se encuentre en movimiento y aumenta con el cuadrado de la velocidad, por lo que cuando estas son muy bajas generan poca resistencia por lo que son despreciables. De acuerdo con Lupe, Pablo (2004). Esta reacción se puede calcular en vehículos con la siguiente expresión.

$$Ra = \frac{1}{2} * Cx * \rho * Af * V^2 \quad [ 3.2 ]$$

Donde:

$Cx$ : Coeficiente aerodinámico del vehículo

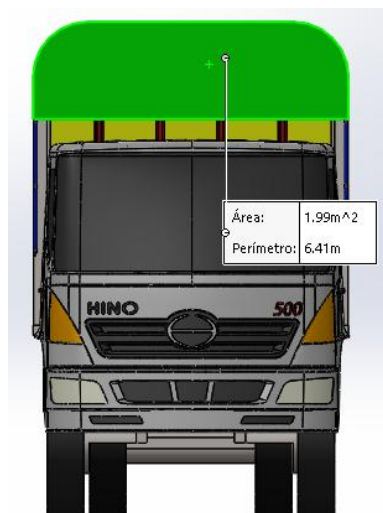
$\rho$ : Densidad del aire

$Af$ : superficie frontal del vehículo

$V^2$ : Velocidad en m/s

### 3.1.2.5 Reacciones debido a la influencia del aire

Para realizar el análisis del efecto que ejercería el aire en la estructura se hace el cálculo en la superficie donde mayor impacto genera, la misma que se puede ver en la siguiente figura.



**Figura 3.1** Superficie de mayor impacto de aire en la plataforma

Para encontrar la reacción generada por el aire se va a utilizar la ecuación 3.2, la misma que se muestra a continuación

$$Ra = \frac{1}{2} * Cx * \rho * Af * V^2$$

Con el fin de calcular el valor de (Ra), primero se determina la superficie de impacto de aire para lo cual se utiliza el software SolidWorks el cual genera un valor de  $Af = 1,99 m^2 \approx 2 m^2$ . Otro parámetro que se utiliza es la velocidad máxima que puede alcanzar estos vehículos en el país y de acuerdo con la ANT (Agencia Nacional de Transito), los límites y rangos moderados de velocidad para vehículos de carga pesada son: En urbano  $\leq 50 km/h$ , Perimetral  $\leq 90 km/h$  y Rectas en carretera  $\leq 95 km/h$ . (LEXIS, 2012, pág. 41)

Entonces la velocidad que se va a utilizar para el cálculo será 90 Km/h (25 m/s). La densidad de aire es de  $1,225 kg/m^3$  valor que corresponde a la presión atmosférica de la sierra ecuatoriana y a una temperatura de  $15 ^\circ C$ . (Real Academia de Ingeniería, 2018)

Finalmente, el coeficiente de aerodinámico en vehículos con carga pesada es de 1,3, valor que corresponde a conjunto cabezal y plataformas. (WONG, 1978)

Reemplazando los valores en la ecuación se tiene el valor de

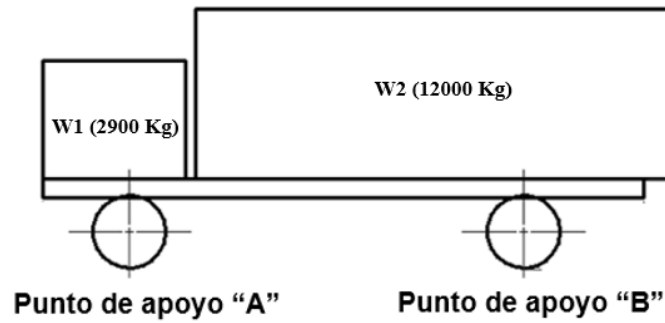
$$Ra = \frac{1}{2} * 1,3 * 1,225 * 2 * 25^2 = 955,3 N$$

Considerando solo como presión sería equivalente a

$$Presión = \frac{955,3}{2} = 497,67 \approx 500 Pa$$

### 3.1.2.6 Punto crítico del bastidor

Se analiza este punto para saber que configuración tiene el bastidor y que soporte, puede tener para soportar 12 toneladas de peso y comprobar si el factor de seguridad es aceptable para el diseño de la estructura.



**Figura 3.2** Distribución de masas

En la figura 3.2 indica las cargas que actúan sobre el chasis del vehículo, cuando este se encuentra a carga máxima de  $w_1$  que corresponde al peso de la cabina y  $w_2$  que es la carga máxima que puede soportar este tipo de camión.

Los valores de las cargas se pueden encontrar con la siguiente ecuación.

$$w = \frac{m * g}{L} \quad [ 3.3 ]$$

Donde:

$w$ : Carga distribuida (N/m)

$m$ : Masa (Kg)

$g$ : Gravedad ( $9,81\text{m/s}^2$ )

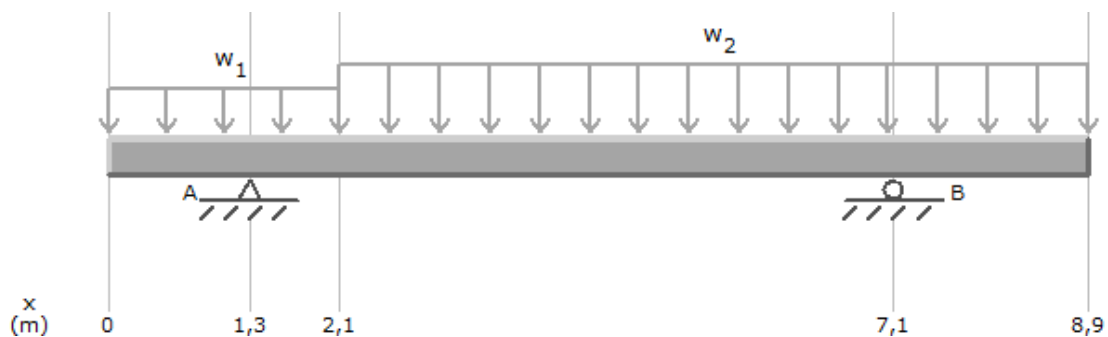
$L$ : Longitud (m)

Para determinar  $w_1$ , se usa la masa de la cabina la misma que tiene un valor de 2900 kg (Atego, 2015), mientras que para encontrar el valor de  $w_2$  se utiliza la carga máxima que soporta el camión cuyo valor corresponde a 12 toneladas (12000kg), a continuación, se muestra el cálculo que se realiza para encontrar las cargas.

$$w_1 = \frac{2900 * 9.81}{2.1} = 13547.14 \frac{N}{m} \quad [3.4]$$

$$w_2 = \frac{12000 * 9.81}{6.87} = 17135.37 \frac{N}{m} \quad [3.5]$$

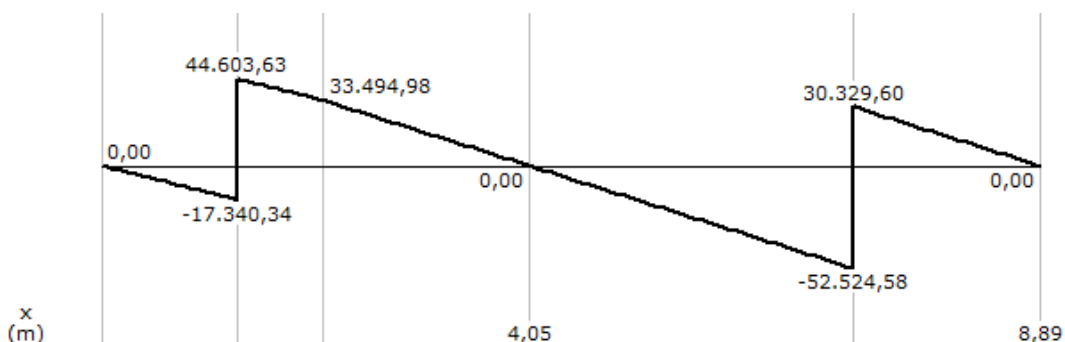
Los valores encontrados de las cargas  $w_1$  y  $w_2$ , y las longitudes de los ejes de separación y el largo completo del vehículo se ingresan al programa MD-solid. Tal como se puede ver en la Figura 3.2.



**Figura 3.3** Ubicación de cargas

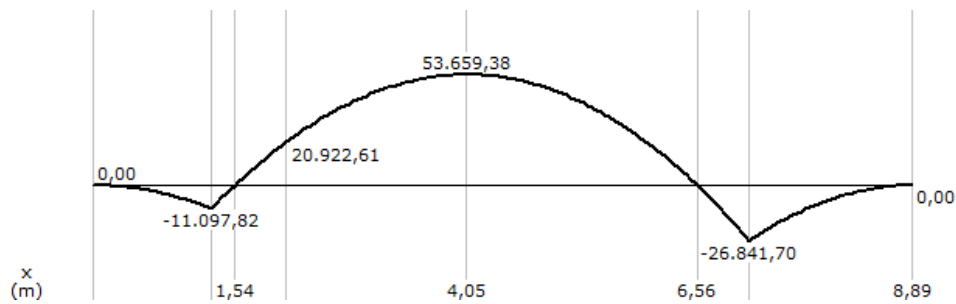
Realizando el análisis por medio del programa, se pudo obtener las gráficas de momento flector y fuerza cortante que actúan sobre el chasis del camión.

En la Figura 3.4 se puede ver como es el comportamiento de las cargas cortantes que actúan sobre el chasis.



**Figura 3.4** Diagrama de fuerza cortante

En la Figura 3.5 se puede ver como es el comportamiento del momento flector máximo que actúa sobre el chasis.



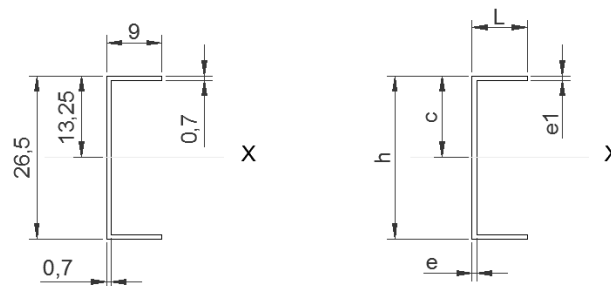
**Figura 3.5** Diagrama de momento flector

Por medio del análisis desarrollado en el programa, se puede comprobar que el momento máximo actúa a una longitud de 4.05m, con un valor de 53659,38 Nm. En la figura 3.6 se indica el bastidor del camión y un refuerzo que se encuentra en el punto crítico.



**Figura 3.6** Punto crítico del bastidor

De la figura anterior se puede ver que el perfil del bastidor es Tipo C y tiene las medidas que se presentan en la Figura 3.7.



**Figura 3.7** Medidas del perfil del bastidor del camión.

Para encontrar el mayor esfuerzo en el punto crítico en función del momento máximo se utiliza la siguiente ecuación.

$$\sigma = \frac{M * c}{I_x} \quad [3.6]$$

Donde

$M$ : Momento flector máximo

$c$ : Distancia media del perfil al centro del alma.

$I_x$ : Momento de inercia del perfil

Para encontrar el momento de inercia ( $I_x$ ) del perfil C se debe usar la ecuación que se muestra a continuación, la misma que está basada en el teorema de Steiner (Málaga, 2018, pág. 4)

$$I_x = \frac{1}{12} e(h + e_1)^3 + 2 \left( L - \frac{e}{2} \right) \left[ \frac{1}{12} e_1^3 + e_1 \left( \frac{h}{2} \right)^2 \right] \quad [3.7]$$

Reemplazando los valores que se muestran en la Figura 3.6 en esta ecuación, se tiene el siguiente valor del momento de inercia para el perfil que constituye el chasis.

$$I_x = \frac{1}{12} * (0.007) * (0.265 + 0.007)^3 + 2 \left( 0.09 - \frac{0.007}{2} \right) \left[ \frac{1}{12} * (0.007)^3 + (0.007) \left( \frac{0.265}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_x = 3.33 \times 10^{-5} (m^4)$$

Reemplazando los valores en la ecuación 3.4 se tiene

$$\sigma = \frac{53659.38 \text{ (Nm)} * 0.1325 \text{ m}}{3.33 \times 10^{-5} m^4} = 213317367.2 \frac{N}{m^2}$$

$$\sigma = 213 \text{ Mpa}$$

También el esfuerzo máximo en función del factor de seguridad se analiza por medio de la siguiente expresión.



$$\sigma = \frac{n}{S_y} \quad [3.8]$$

Donde

$n$ : Factor de seguridad

$S_y$ : Límite de fluencia del material (Acero A36  $S_y=250$  MPa)

$$n = \frac{S_y}{\sigma} = \frac{250 \text{ Mpa}}{213 \text{ Mpa}} = 1.17$$

Se puede ver que el factor de seguridad en el punto crítico es superior a 1, lo que indica que soportaría la carga máxima aplicada para lo cual fue diseñado que son 12 toneladas. Por tal motivo existe un refuerzo, que incrementa el factor de seguridad.

### 3.1.3 Selección de materiales

Los materiales que se proponen para la estructura son:

#### 3.1.3.1 Acero

Se utilizará en gran parte de la estructura acero al carbono estructural ASTM A-36, el mismo que cuenta con propiedades óptimas para las condiciones de servicio a las que está sometida la plataforma, es de fácil adquisición en el mercado en presentación de láminas y perfiles a bajos costos.

Las propiedades mecánicas relevantes que presenta este material son las que se muestran en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3** Propiedades mecánicas

Límite de fluencia mínimo		Resistencia a la tracción			
MPa	Psi	Psi		MPa	
		Min	Max.	Min	Max.
250	36000	58000	80000	400	550

Fuente: (Ternium, 2016, pág. 1)

A continuación, se especifica una tabla de los distintos elementos que se utilizará para el diseño de la plataforma. (Tabla 3.4)

**Tabla 3.4** Perfil utilizado para el diseño estructural

TIPO	APLICACIÓN
Perfil en “L” (ángulos)	Se utiliza para unir la viga y el travesaño de la estructura.
Perfil en “C”	Este tipo de perfil es utilizado para los travesaños y el contorno de la estructura
Perfil en “I”	Utilizado para las vigas principales de la estructura
Omega	Este tipo de perfil se utiliza para los lados laterales de la carrocería.
Laminas metálicas	Utilizadas para el piso y la parte frontal de la plataforma
Pernos y tornillos	Para distintos tipos de sujeciones.

### 3.1.3.2 Madera

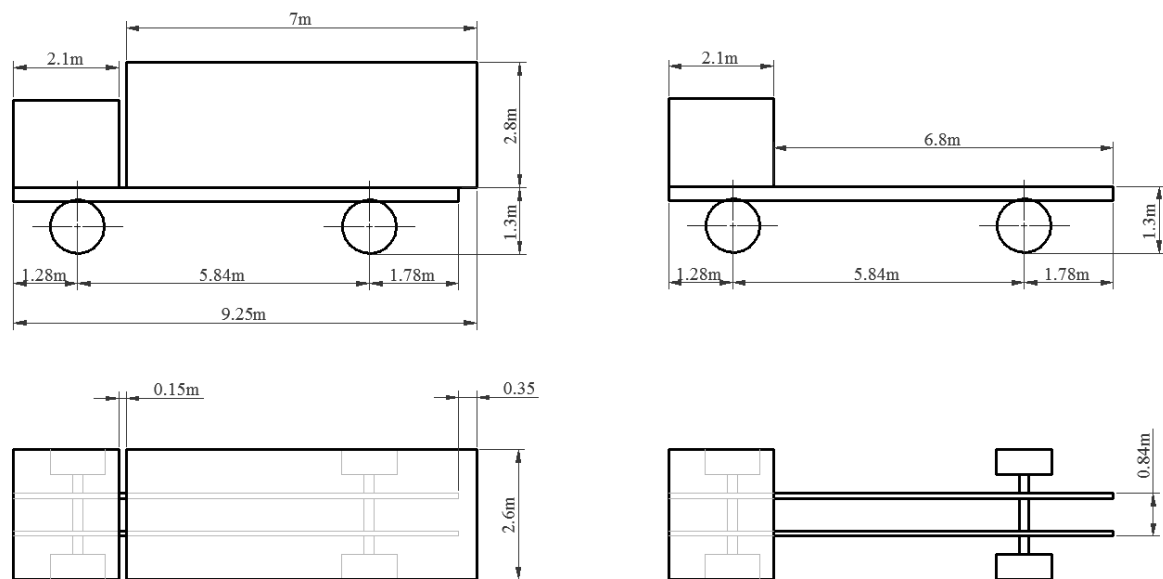
Este material se utilizará para cubrir algunas partes de los laterales de la estructura, debido a su propiedad de baja densidad y bajo costo, facilitaran la fabricación de una plataforma cubierta en sus alrededores, sin que esta tenga un peso excesivo y un costo muy elevado.

Para evitar el deterioro rápido se utilizará una madera dura como la caoba y será recubierta con materiales adhesivos como lacas y pinturas.

### 3.1.4 Dimensiones de la plataforma.

De acuerdo con organismos internacionales y MTOP, los vehículos de carga pesada deben tener como máximo 12 m de longitud, ancho de 2.6 m y altura de 4.1 m. (Dirección General de Tráfico, 2015, págs. 31,32)

Además, de acuerdo a las dimensiones que tiene el automotor Hino GH con capacidad de carga 12 toneladas se estableció que la plataforma presentaría dimensiones globales de 7m de longitud, ancho de 2.6 y altura 2.8m en la Figura 3.7 se muestra las dimensiones que tendría el vehículo con la plataforma instalada.



**Figura 3.8** Medidas del camión con y sin plataforma

De la figura anterior se puede ver que el automotor con la plataforma propuesta, presenta dimensiones generales de 9.25m de largo, 2.6 m de ancho y altura de 4.1 dimensiones que están dentro de los parámetros establecidos por el ministerio de transporte y obras públicas del Ecuador.

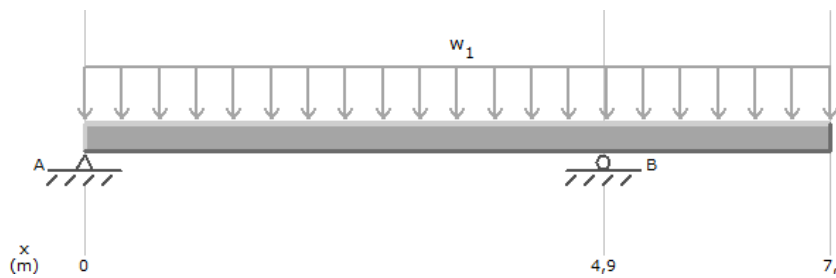
## 3.2 Diseño de la estructura en un software CAD

### 3.2.1 Vigas principales.

Como ya se había mencionado anteriormente el material para estos elementos será acero, los perfiles que más se acoplan son los de tipo I, puesto que este tipo de elemento tiene varias aplicaciones debido a su forma, dentro de sus usos principales se tiene que son excelentes trabajando como vigas, como polipastos en puentes grúa o teclas y rieles.

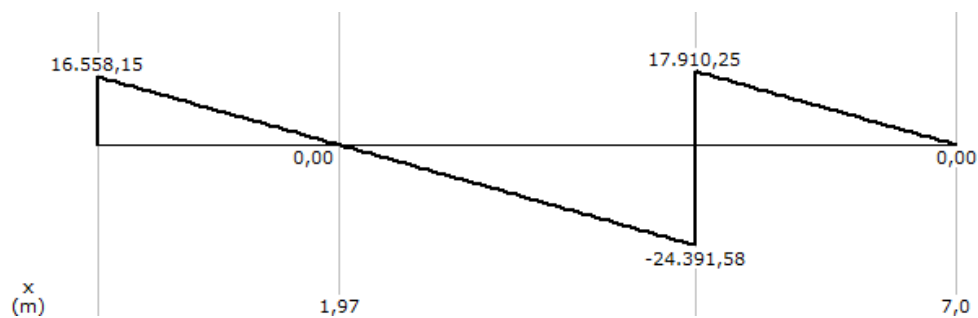
Una de las funcionalidades que le vuelve útil para soportar la plataforma es que en este elemento estructural se distribuyen de forma uniforme las cargas a través del alma, mientras que las alas le brindan buena estabilidad para asentarse en los perfiles del chasis del automotor.

La forma de trabajo de este perfil en el camión de carga pesada, sería con apoyos y soportando una carga distribuida de 6 toneladas, por cada viga, tal como se muestra en la Figura 3.8



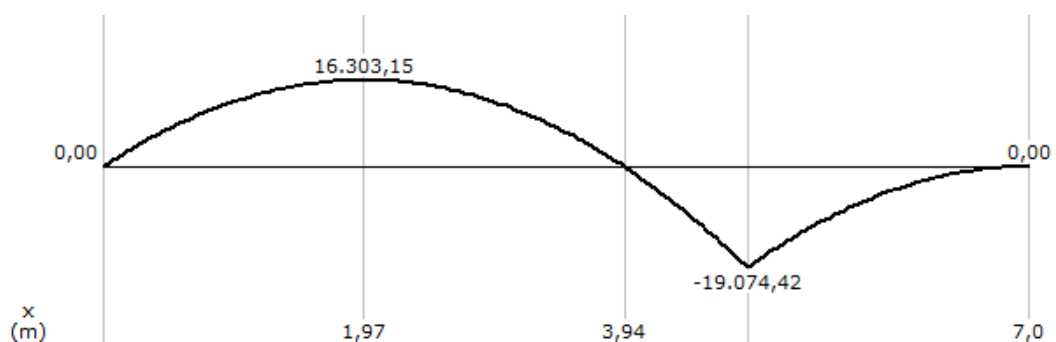
**Figura 3.9** Carga distribuida sobre la viga en I

Para obtener el valor de la carga distribuida se usa la ecuación 2.1 y se tiene un valor de 8408.57 N, la misma que genera la gráfica de fuerza cortante que se tiene en la Figura 3.9.



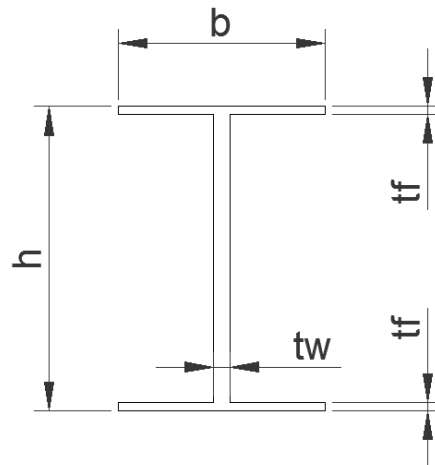
**Figura 3.10** Diagrama de fuerza cortante

El diagrama de momento flector que se muestra en la Figura 3.10, muestra que el momento máximo es de 19074.42 Nm



**Figura 3.11** Diagrama de momento flector

Para poder obtener el valor del esfuerzo máximo y el factor de seguridad es indispensable encontrar el momento inercia ( $I_x$ ) del perfil que se va a usar, en este caso tipo (I) el mismo que se muestra en la Figura 3.11. Además, la ecuación 3.7 representa como se debe calcular el momento de inercia para este elemento.



**Figura 3.12** Perfil tipo I

$$I_x = \frac{1}{12} tw(h + tf)^3 + 2 \left[ \frac{1}{12} (b - tw)tf^3 + (b - tw)tf \left( \frac{h}{2} \right)^2 \right] \quad [3.9]$$

Donde

$tw$ : Espesor del alma

$tf$ : Espesor del ala

$b$ : Ancho del ala

$h$ : Altura del perfil

Para ver que dimensión de perfil sería ideal para la estructura se realiza un proceso iterativo en donde se busca el mejor factor de seguridad, en la Tabla 3.6 se muestra el cálculo.

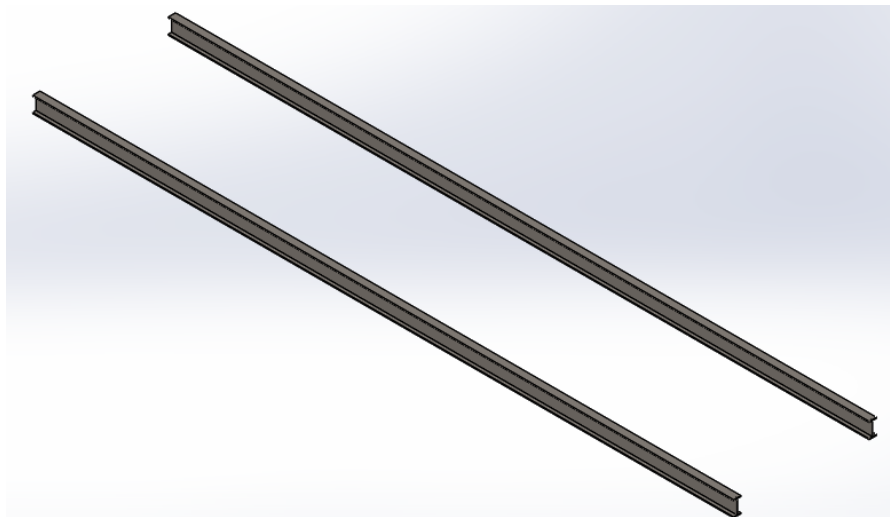
Las ecuaciones que se usaron para realizar esta tabla son 2.7, 2.4 y 2.5, para encontrar los valores del momento de inercia del perfil, esfuerzo máximo y factor de seguridad respectivamente. Mientras que valores constantes utilizados son el momento flector máximo (Figura 3.10) y límite de fluencia de material ( $S_y=250$  Mpa ver Tabla 3.4).

Las dimensiones de los perfiles son obtenidas de los catálogos de navacero, materiales de productos para sistemas constructivos vigas IPN con norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2215 y la ASTM A36. (Novacero, 2018)

**Tabla 3.4** Dimensiones y cálculos para perfiles en I

Design.	DIMENSIONES				CÁLCULOS			
	alto	ancho	Espesor		Momento de inercia	Momento flector máximo	Esfuerzo máximo	Factor de seguridad
			Ala	Alma				
	h	b	tf	tw	Ix	M	$\sigma$	n
m	m	m	m	m <sup>4</sup>	N-m	Pa		
IPN 80	0,08	0,042	0,0059	0,0039	9,3E-07	19074,42	823388764	0,30
IPN 100	0,1	0,05	0,0068	0,0045	2,0E-06	19074,42	475385769	0,53
IPN 120	0,12	0,058	0,0077	0,0051	3,8E-06	19074,42	299454098	0,83
IPN 140	0,14	0,066	0,0086	0,0057	6,6E-06	19074,42	200870014	1,24
IPN 160	0,16	0,074	0,0095	0,0063	1,1E-05	19074,42	141309962	1,77
IPN 180	0,18	0,082	0,0104	0,0069	1,7E-05	19074,42	103192894	2,42
IPN 200	0,2	0,09	0,0113	0,0075	2,5E-05	19074,42	77661017,9	3,22
IPN 240	0,24	0,106	0,0131	0,0087	4,9E-05	19074,42	47193878	5,30
IPN 300	0,3	0,125	0,0162	0,0108	1,1E-04	19074,42	25595066,3	9,77

De acuerdo a los resultados obtenido de la tabla anterior el perfil que se utilizará como vigas principales es IPN 200 que presenta un factor de seguridad de 3.22 y que las dimensiones del ala se acoplarían a las del perfil C que tiene el bastidor que es de 0.09 m. La Figura 3.13, muestra los perfiles desarrollados en Solidwoks.



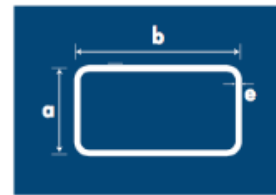
**Figura 3.13** Perfiles realizados en Solidworks

### 3.2.2 Travesaños

Estos elementos estarán compuestos por tubos rectangulares, debido a la utilizada que presentan en estabilidad estructural, facilidad de soldeo y por la existencia dentro del mercado nacional.

Las dimensiones que se considera ideales para la plataforma son de 50x150x3 mm, se escoge estas dimensiones debido a que constituyen el segundo elemento más importante de la plataforma a continuación en la Figura 3.14 se muestra las dimensiones que existen en los catálogos de navacero.

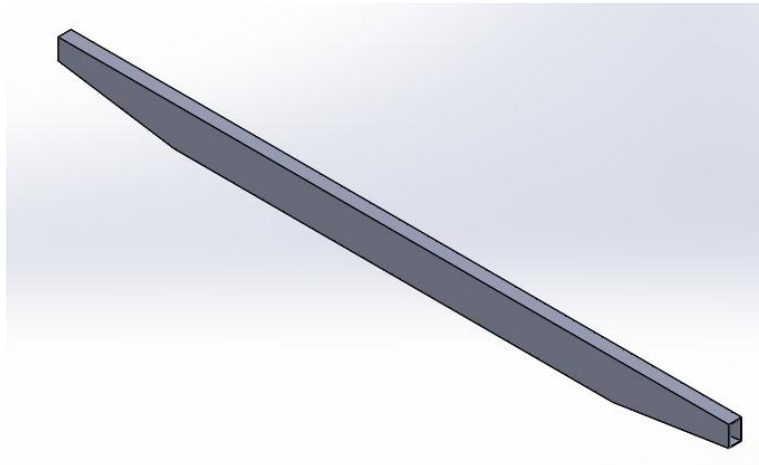
Denominación	Dimensiones			Peso	
	a	b	e	kg/m	kg/6m
Pulgadas	mm	mm	mm		
¾ x 1½	20	40	1.50	1.37	8.20
			2.00	1.80	10.79
1 x 2	25	50	1.50	1.72	10.32
			2.00	2.27	13.62
1½ x 2 ¼	40	60	2.00	3.13	18.75
			3.00	4.62	27.69
1¼ x 2 ¾	30	70	2.00	3.13	18.75
			3.00	4.62	27.69
1½ x 3 ½	40	80	2.00	3.68	22.05
			3.00	5.26	31.55
1 ¾ x 3	45	75	2.00	3.74	22.42
			3.00	5.56	33.36
			4.00	7.35	44.09
2 x 4	50	100	2.00	4.63	27.79
			3.00	6.88	41.26
			4.00	9.11	54.64
2 x 6	50	150	2.00	6.20	37.21
			3.00	9.30	55.81



**Figura 3.14** Tubo rectangular

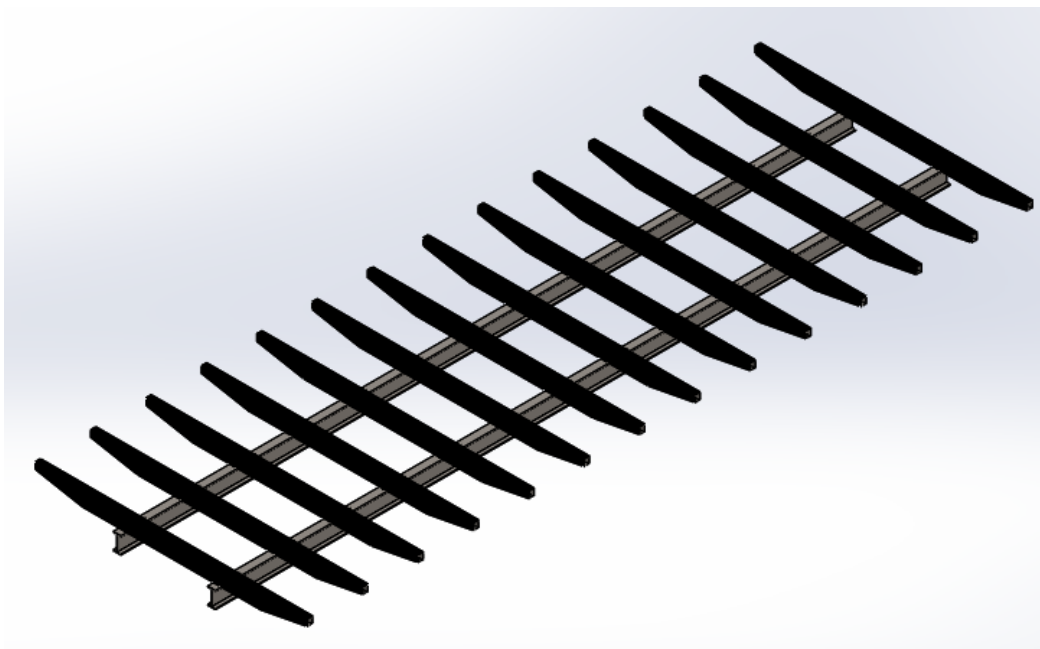
Fuente: (Novacero, 2018)

Por factores de ensamble y acople de materiales los travesaños estarán constituidos por tubo rectangular y un perfil prefabricado especial en cada extremo, en la Figura 3.15 se puede ver su forma y sus dimensiones en el plano (ver anexo)



**Figura 3.15** Travesaños

Para el asentamiento de piso en la plataforma se divide la longitud total para 14 travesaños y una separación por parante de 0,54m mas de eso se deja un espacio entre el primer parante con el filo de la viga para poder asentar los bordes laterales.



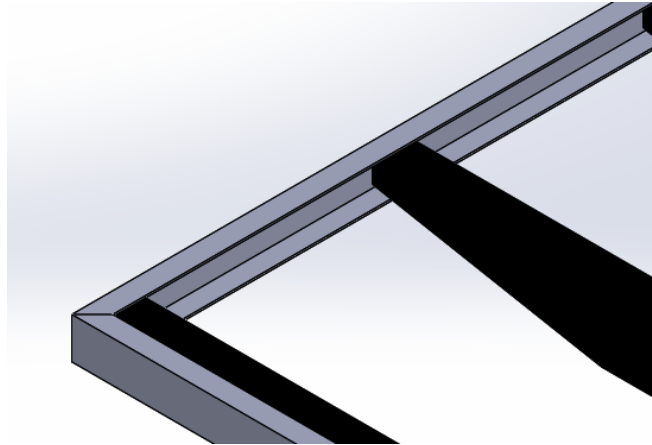
**Figura 3.16** Travesaños y vigas principales

### 3.2.3 Bordos laterales

Se usa el perfil C para los laterales por facilidad de ensamble y por las características que presenta este material para trabajar con carga sobre las alas,

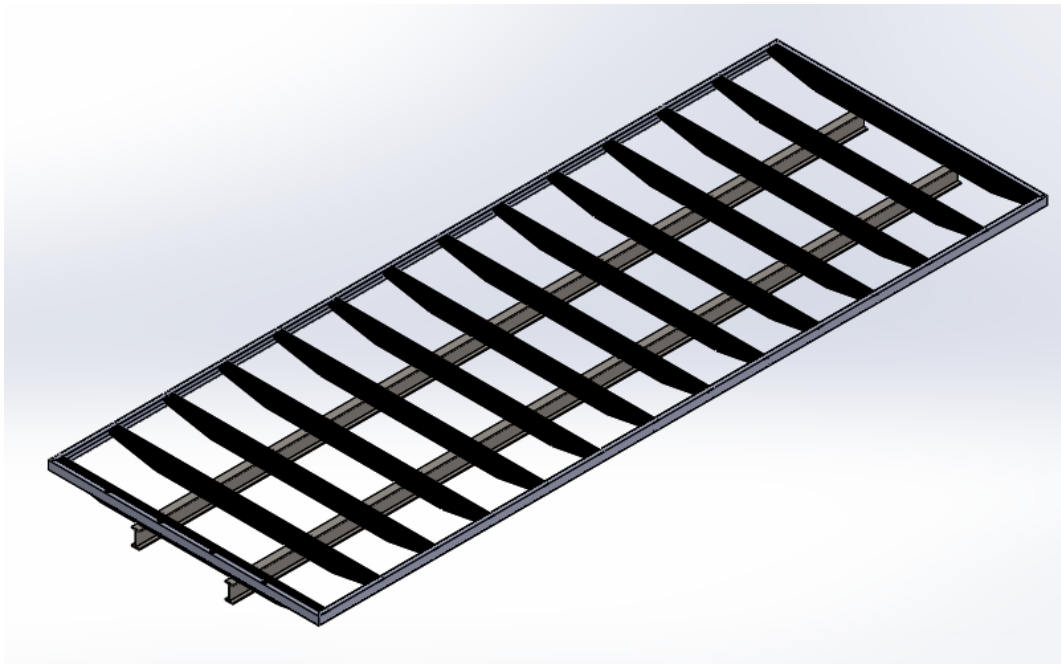


las dimensiones tomadas del perfil son obtenidas del catálogo de navacero, en la Figura 3.17 se indica el diseño.



**Figura 3.17** Bordes laterales

A continuación, en la Figura 3.18 se puede ver el acople de la estructura de la plataforma.



**Figura 3.88** Bordes laterales

### 3.2.4 Piso

Planchas acero estructural antideslizantes las aplicaciones que tienen son pisos industriales, plataformas, buses, camiones y forros de contenedores. En la Figura 3.19 el material y las especificaciones del material.

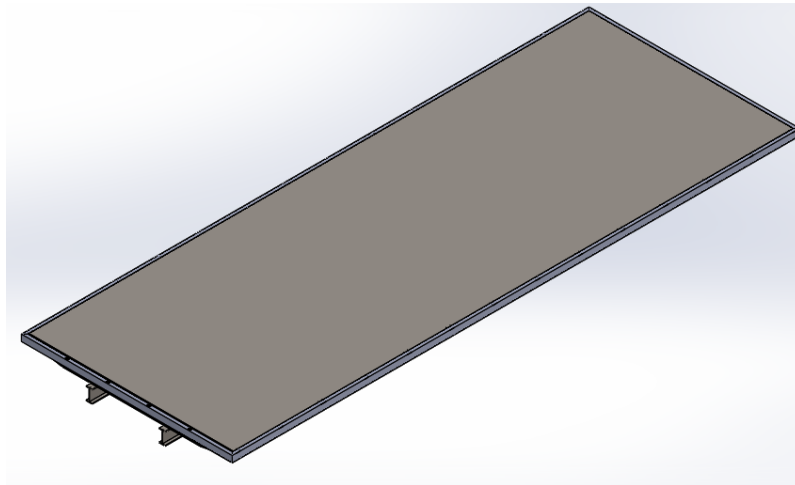


Dimensiones mm	Espesores mm	Material
1220 x 2440	1.80/ 2 / 3 / 4 / 6	Acero Estructural
1220 x 2440	1.50 - 2.00	Aluminio
1000 x 2000	1.50 - 2.00	Aluminio

**Figura 3.19** Planchas para pisos

Fuente: (Novacero, 2018)

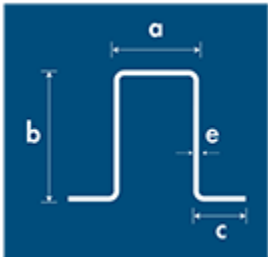
En la Figura 3.20 se puede ver la ubicación del piso en la plataforma.



**Figura 3.20** Piso en la plataforma

### 3.2.5 Lados de la carrocería de la plataforma

Para los lados laterales de la plataforma se va a utilizar perfiles en forma de omega, este tipo de perfil presenta características especiales para trabajar bajo cargas laterales. Se tiene una amplia gama de aplicación en estructuras especiales, puertas, cerchas, ventanas, carrocería para vehículo, rejas, cerramiento, elementos ornamentales y celosías (Novacero, 2018). Las especificaciones técnicas de este perfil se tienen en la Figura 3.20.

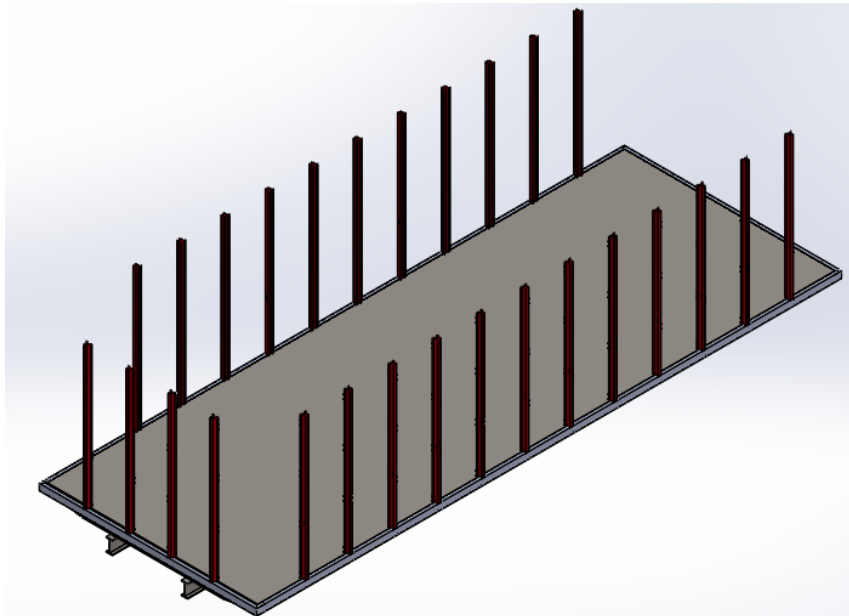


Denominación	Dimensiones				Peso		Área
	a mm	b mm	c mm	e mm	kg/m	kg/6m	cm <sup>2</sup>
OMEGA	35	50	20	1.5	1.86	11.16	2.41
	35	50	20	1.8	2.28	13.68	2.89
	35	50	20	2.0	2.52	15.12	3.21

**Figura 3.21** Perfiles en Omega

Fuente: (Novacero, 2018)

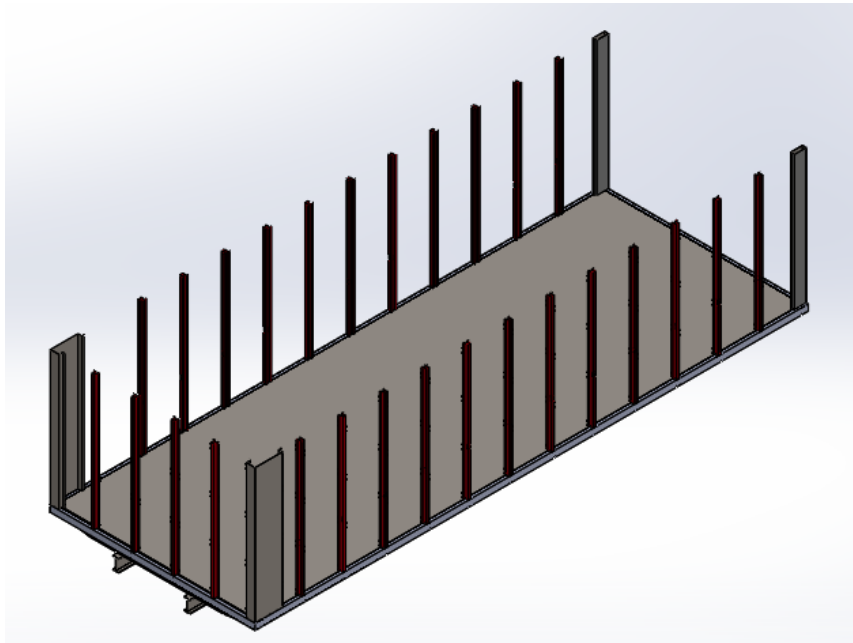
En la Figura 3.21, se puede ver la colocación de este perfil en la plataforma, los mismo que van pegados a los bordes laterales y a los travesaños.



**Figura 3.22** Laterales de la plataforma

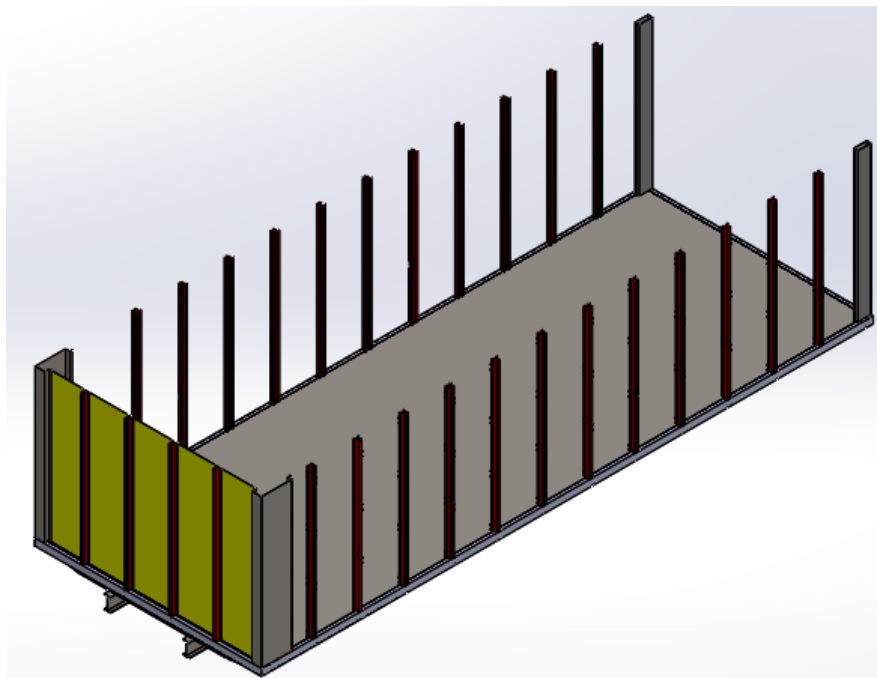
### 3.2.6 Elementos complementarios

Soporte verticales primarios y secundarios, su finalidad permitir la sujeción de los tablonces de madera de los laterales y como soporte para la colocación de otros accesorios como las puertas, en la Figura 3.23, se puede ver su ubicación en cada extremo de la estructura.



**Figura 3.23** Soporte verticales delanteros y posteriores

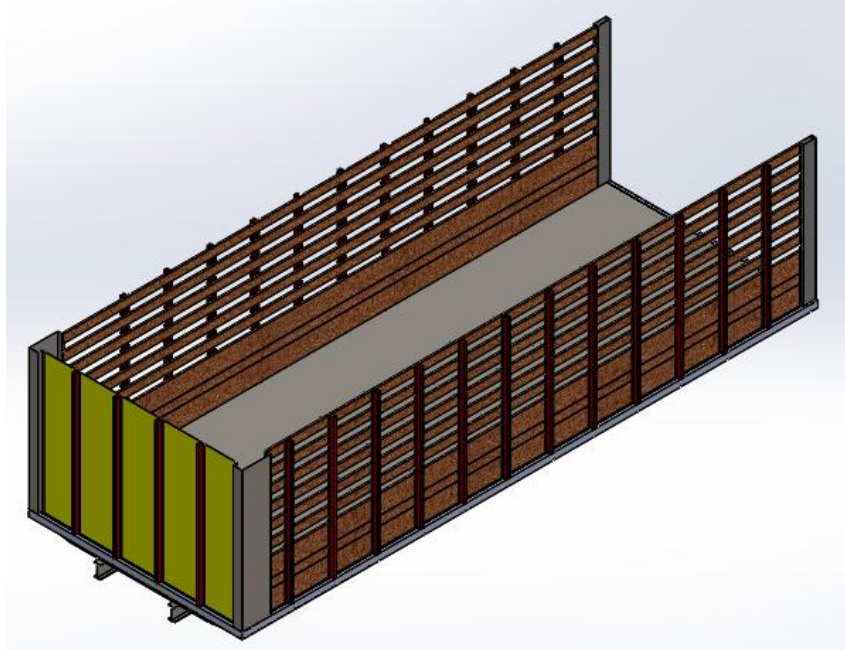
Plancha metálica delantera, tal como se puede ver en la Figura 3.24, la funcionalidad de esta plancha es cubrir la parte frontal de la estructura.



**Figura 3.24** Plancha delantera

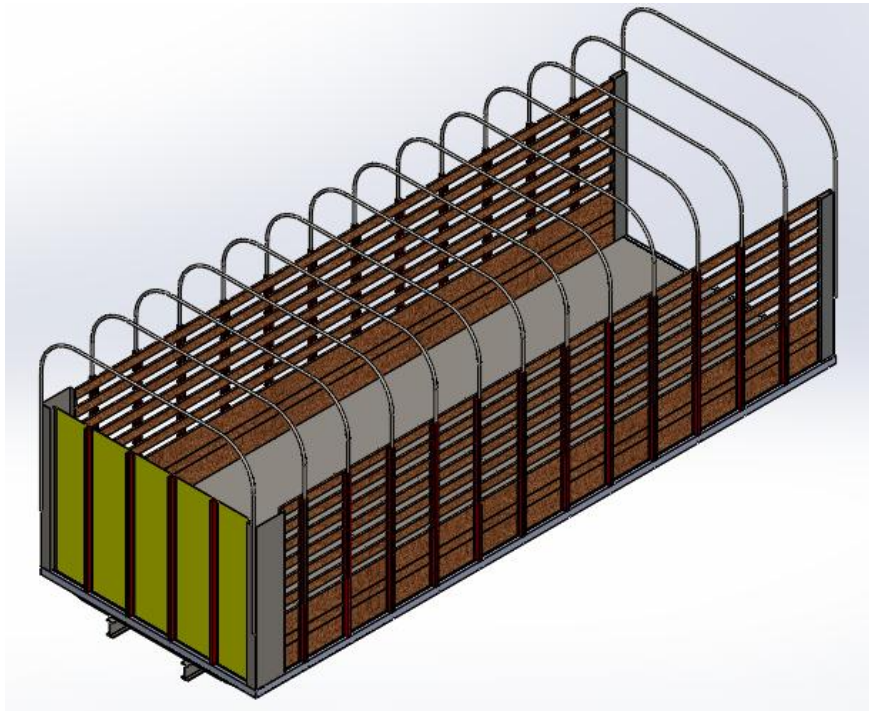
Para brindarle rigidez a la estructura en los lados laterales se ubica tablas de madera dura (caoba) los cuales van distribuidos de tal forma que tenga

funcionalidad para cargar objetos y sujetarlos a través de los espacios existentes entre cada tabla. Figura 3.24



**Figura 3.25** Madera laterales

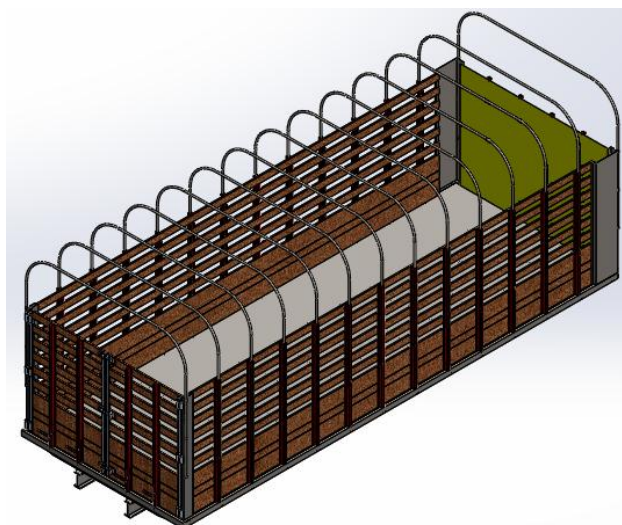
Se coloca tubería para la colocación de carpas, de tal forma que permita cubrir la mercadería que la plataforma contenga, ya que mucho de los automotores que utilizan estas plataformas viajan en la parte andina del país por sitios donde existe condiciones extremas de lluvia o vientos. Figura 3.26



**Figura 3.26** Tubería para colocación de carpas

Finalmente, se realiza la compuerta de la plataforma, la misma que está constituida de dos partes armadas como acero y madera, además se encuentra equipada con siete seguros, de los cuales tres están ubicados en el centro unidos de las dos puertas y cuatro en la parte inferior, que sirven de anclaje para fijar la compuerta con el piso de la plataforma.

En la figura 3.27 se puede apreciar cómo está constituida la compuerta, los detalles a más profundidad están expuestos en el plano (ver Anexo)



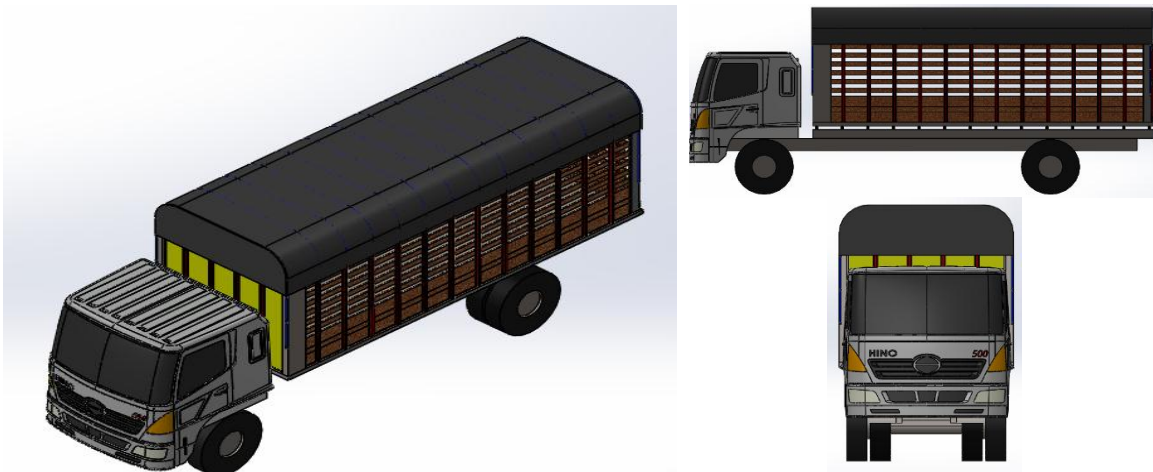
**Figura 3.27** Colocación de la compuerta de la plataforma

Como ya se había mencionado esta plataforma va ubicada en un vehículo HINO GH 1726, que tiene una capacidad de carga máxima de 12 toneladas, en la figura 3.28 se puede ver cómo queda colocada la plataforma en el camión.



**Figura 3.28** Vehículo con plataforma sin carpa

El diseño esta plataforma facilita la ubicación de una carpa, la misma que permitirá cubrir la mercadería que lleve este vehículo carga pesada, en la figura 3.29 se puede ver el vehículo con la carpa colocada.



**Figura 3.29** Vehículo con plataforma con carpa

### 3.3 Simulación de la estructura en un software CAE

El proceso de simulación de la plataforma se va a llevar acabo con la finalidad de comprobar cuál va a ser el comportamiento de la plataforma cuando esta se

encuentre cargada y con la influencia de cargas de viento, por lo que va a tener dos simulaciones que son para deformación estructural y análisis aerodinámico.

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

- Memoria RAM 6 Gb Disco solido
- Procesador Intel (R) Core (TM) i5
- Sistema operativo Windows 10.
- Disco duro 500 Gb
- 64 Bits en sistema operativo
- Marca del computador ASUS

La versión del programa de simulación que se utilizó ANSYS 18, ya que tiene herramientas y tecnologías innovadoras para analizar materiales complejos y optimizar diseños y formas para nuevas metodologías de fabricación.

La metodología que se va a utilizar para determinar qué tan confiable es el resultado es SKEWNESS, ya que es un método que se basa en la asimetría, la misma que es una de las características principales de medida de calidad para una malla.

La siguiente tabla enumera el rango de valores de asimetría y la calidad de celda correspondiente.

**Tabla 3.5** método Skewness

Valor de Skewness	Calidad de Celda
0.9 entre <1	malo (astilla)
0.75 entre 0.9	pobre
0.50 entre 0.75	Acceptable
0.25 entre 0.5	Muy bueno
>0 entre 0.25	Excelente

**Fuente:** (sharcnet.ca, 2018, pág. 1)

El hacer un análisis en Ansys depende de la calidad del mallado, la misma que se basa por varias metodologías, como ya se explicó anteriormente la metodología es la Skewness sus rangos mostrados en la tabla anterior indican lo confiables



que pueden llegar a ser los resultados, pero también hay que recalcar que mientras mejor calidad presenta la malla, se necesita altos recursos computacionales y elevados tiempos de simulación.

Debido a la limitación que se presenta en el equipo a simular se va a operar en el rango de muy bueno que está entre valores de 0.25 a 0.5, cabe mencionar que esta metodología trabaja mejor con el tipo de malla tetraédrica ya que un tetraedro presenta solo cuatro nodos los cuales se puede aproximar a cualquier superficie, deformarse suavemente de tal forma que se pueda obtener resultados más rápidos y confiables.

Los pasos que se deben seguir para la elaboración de la simulación es el siguiente:

### **3.3.1 Modelado.**

El modelo fue desarrollado en el programa *Solidworks*, el mismo que presenta facilidades en sus funciones para la creación de elementos 3D, por medio de barridos y vaciados entre otras funciones fue posible la creación de la plataforma con sus debidos elementos, una vez creado la estructura se realizó lo siguiente.

- **Transporte de la geometría al programa Ansys**

Ansys trabaja solo con ciertas extensiones una de estas es la STEP, por lo cual en el SolidWorks se hizo la exportación a esta extensión.

### **3.3.2 Simulación en Ansys**

Para realizar el proceso de simulación en ansys se debe seguir los pasos que se muestran.

- Esquematización de módulos
- Importar modelo
- Definir mallado
- Colocación de reacciones
- Definir resultados requeridos

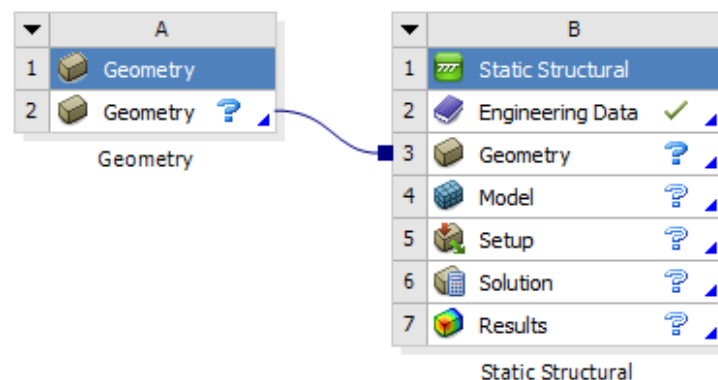
A continuación, se detalla cada paso.

### 1) Esquematación de módulos

Este paso es importante porque aquí es donde se define el tipo de análisis que se va a realizar, en este caso como se pretende ver el comportamiento estructural de la plataforma se usa el módulo Static Structural.

El análisis Static Structural de este software permite encontrar los desplazamientos, tensiones, deformaciones y fuerzas en estructuras o componentes causados por cargas que no inducen una inercia significativa y efectos de amortiguación. Se suponen condiciones de carga y respuesta constante; es decir, las cargas y la respuesta de la estructura varían lentamente con respecto al tiempo.

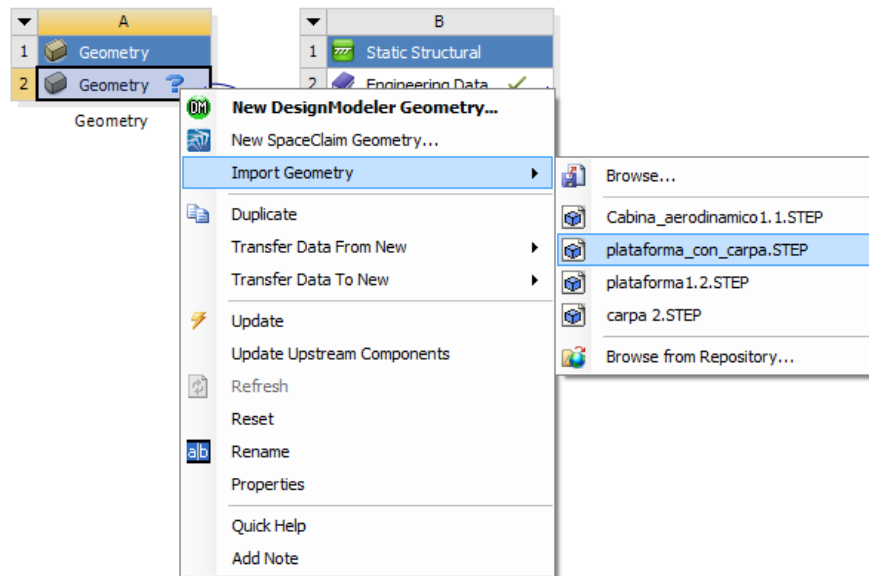
En la siguiente figura se puede ver como se hace la esquematización de los módulos, donde se utiliza el módulo de geometría y de análisis estructural, esto se hace con la finalidad de independizar operaciones, de tal forma que si existe un error en un módulo no afecta al otro.



**Figura 3.30** Esquematación de módulos

### 2) Importar modelo

La importación del modelo se hace tal como se muestra en la siguiente figura,




**Figura 3.31** Importación de geometría o modelo

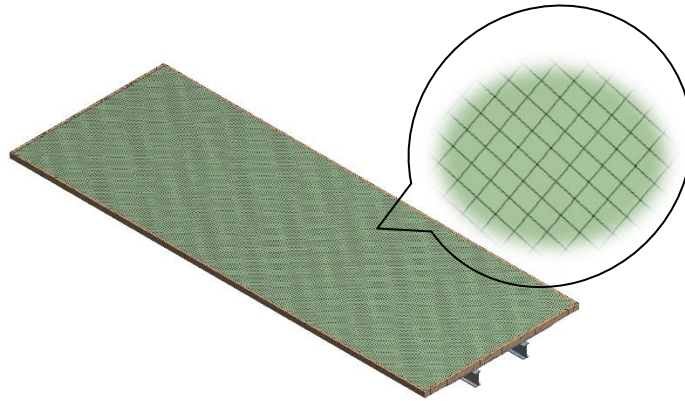
### 3) Definir mallado

El método de mallado utilizado en la simulación es *Sizing* con una configuración tetraédrica, la misma que presenta una refinación en lugares específicos, con la finalidad de minimizar el proceso de modelado, y no consumir muchos recursos computacionales. En la siguiente tabla se muestra las calidades de mallado utilizadas las mismas que son evaluadas según el método Skewness como ya se había mencionado anteriormente.

**Tabla 3.6** Calificación de mallado

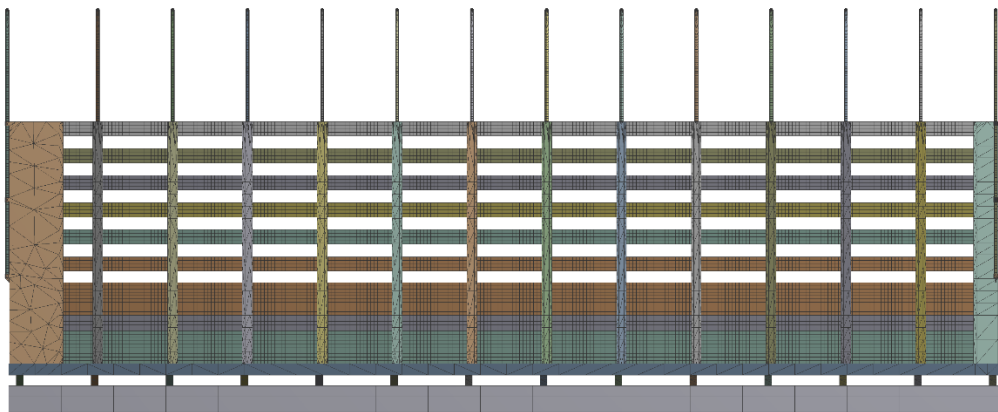
Método de evaluación de mallado Skewness					
					
Excellent	Very good	Good	Acceptable	Bad	Unacceptable
0-0.25	0.25-0.50	0.50-0.80	0.80-0.94	0.95-0.97	0.98-1.00
Simulación		Valor evaluación	Calificación		
Plataforma sin corral		0,21	Excelente		
Plataforma con corral		0,34	Muy Bueno		
Plataforma con carpa		0,50	Muy Bueno		

En la siguiente figura se puede apreciar el refinado que presenta la plataforma sin corral, motivo por el cual se justifica la calificación excelente que presenta



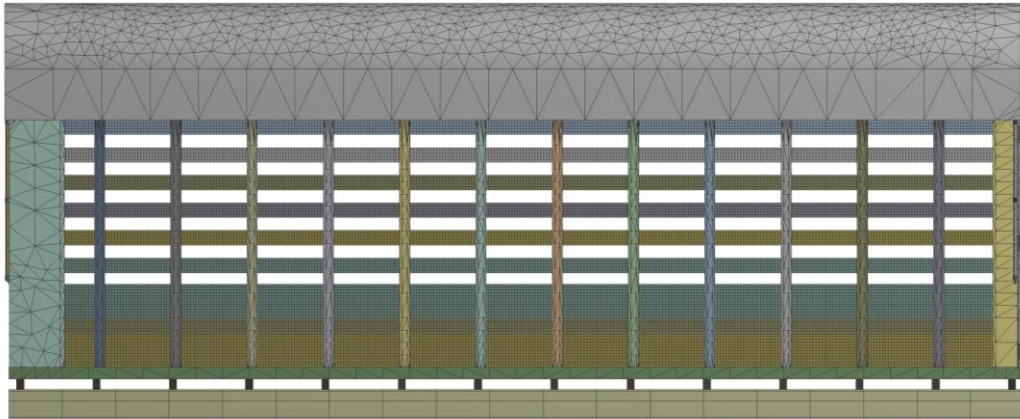
**Figura 3.32** Mallado en la plataforma sin corral

Por la existencia de un mayor número de elementos en la estructura el refinamiento no es tan fino, ya que el recurso computacional que solicita es alto.



**Figura 3.33** Mallado en la plataforma con corral

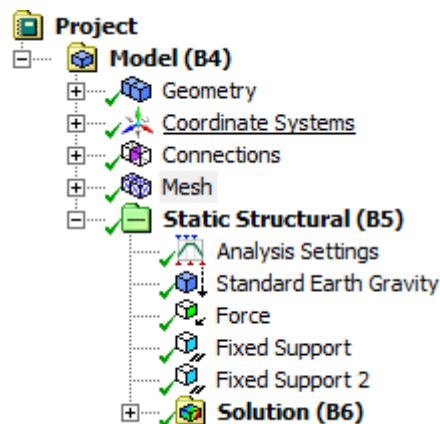
Finalmente, en la siguiente figura se puede ver el mallado realizado en la plataforma con la ubicación de la carpa.



**Figura 3.34** Mallado en la plataforma con corral y carpa

#### 4) Colocación de reacciones

Para colocar los distintos parámetros que solicita el programa Ansys en la siguiente figura, con respecto a reacciones y soportes que debe tener la estructura, se debe hacer los debidos cálculos.



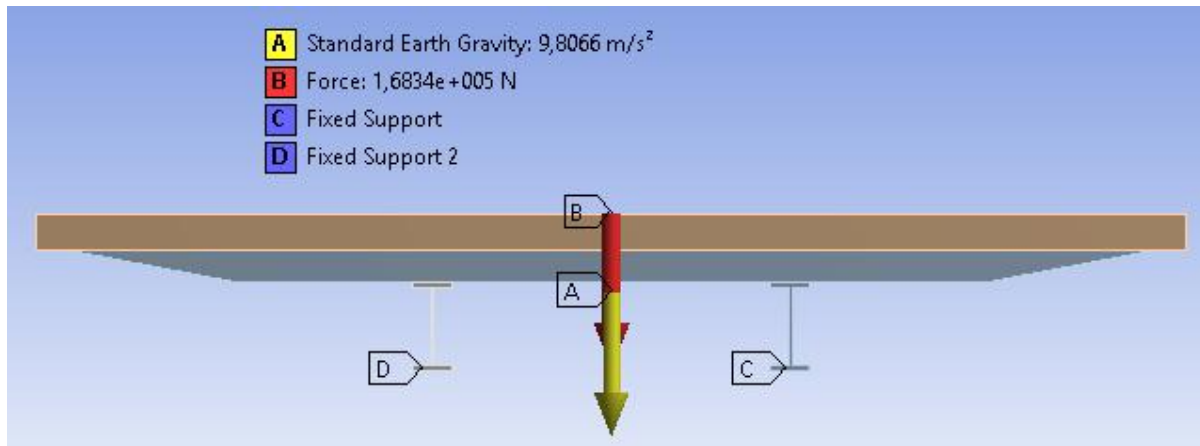
**Figura 3.35** Ramal para la ubicación de reacciones y soportes.

#### Soportes

Los soportes que se va a considerar en la estructura para el desarrollo de la simulación la superficie de contacto que existe entre la plataforma y el chasis del camión.

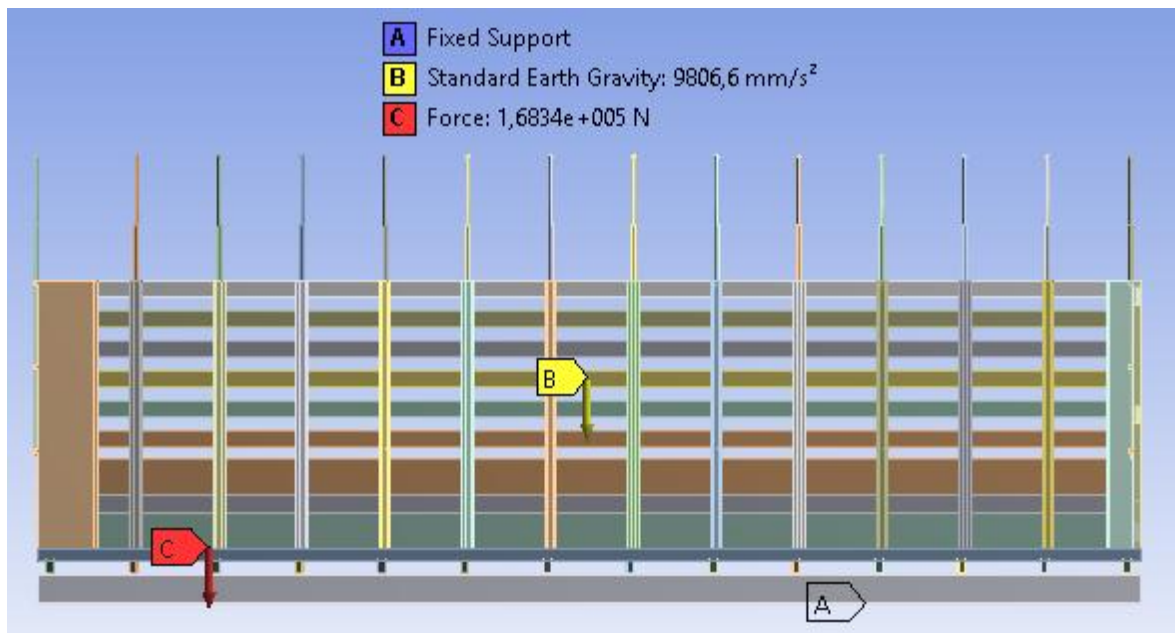
La figura 3.36, muestra la ubicación de los distintos parámetros calculados y considerados para la plataforma sin corral. Donde los soportes D y C corresponde a las restricciones de la estructura.

La reacción B corresponde a la carga viva total (CVT) que soportaría la estructura, mientras que la carga A es la que genera el peso propio, la misma es generada por el software de simulación.



**Figura 3.36** Plataforma sin corral

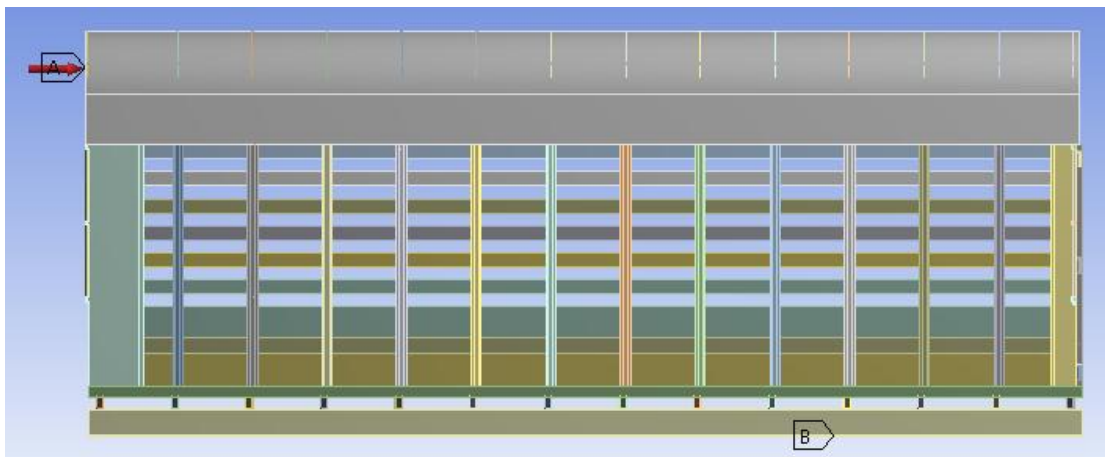
En la figura 3.37 se puede apreciar la ubicación de las reacciones en la plataforma completa con el corral. Donde A corresponde a restricción generada por el chasis del vehículo, B la carga generada por el peso propio de la estructura y C la carga viva total valor aproximado de 168340 N.



**Figura 3.37** Reacciones y soportes en plataforma con corral

En este análisis no se considera la resistencia del aire debido a que, cuando el vehículo trabaja bajo condiciones de carga máxima, por lo general sus velocidades son bajas.

Para ver el efecto que hace el aire en la plataforma se hace la simulación bajo las siguientes consideraciones, donde A es la reacción del aire y B las restricciones o soportes del vehículo.

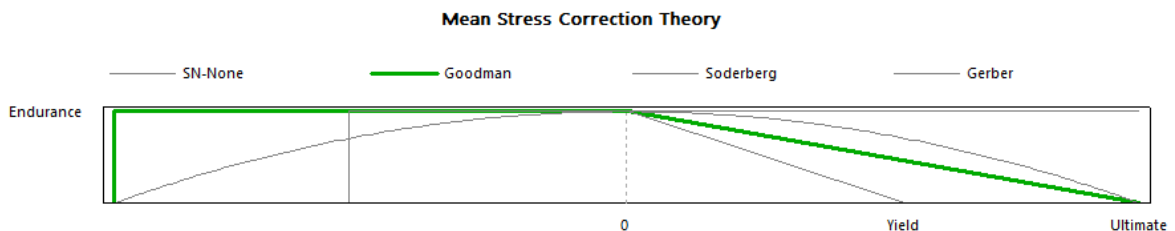


**Figura 3.38** Reacciones debido a la influencia de aire

### 5) Definir resultado requeridos

Una vez definido todos los parámetros necesarios de condiciones de frontera como son las reacciones, tipo mallado, método de evolución del mallado y tipos de análisis a realizar como por ejemplo análisis estático y a fatiga.

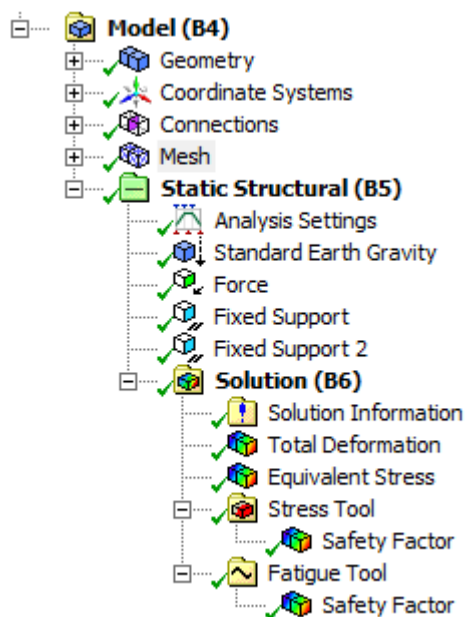
En el caso del análisis a fatiga la teoría de análisis que se utilizó es de Goodman ver siguiente figura



**Figura 3.39** Teoría de análisis a fatiga

La teoría de análisis a fatiga de Goodman se usa para elementos estructurales dúctiles y como en la plataforma la mayoría de los elementos estructurales son de acero material dúctil, esta teoría es la ideal.

En el árbol esquemático que se muestra a continuación se puede ver los parámetros más importantes a evaluar como son: la deformación total, el esfuerzo máximo de Von Mises y el Factor de seguridad.



**Figura 3.40** Árbol de parámetros de Ansys



## CAPÍTULO VI

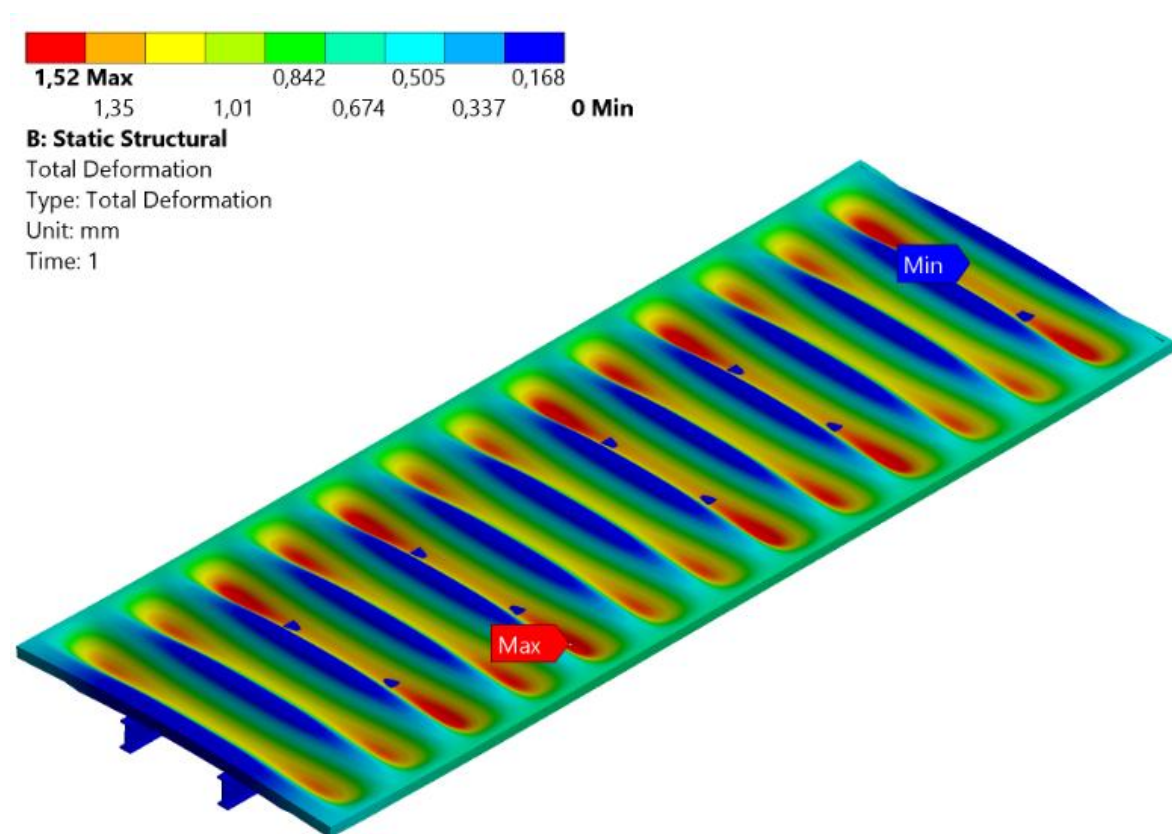
### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos mediante el análisis corresponden a los obtenidos en los procesos de simulación estructural y aerodinámico.

#### 4.1 Resultados simulación estructural

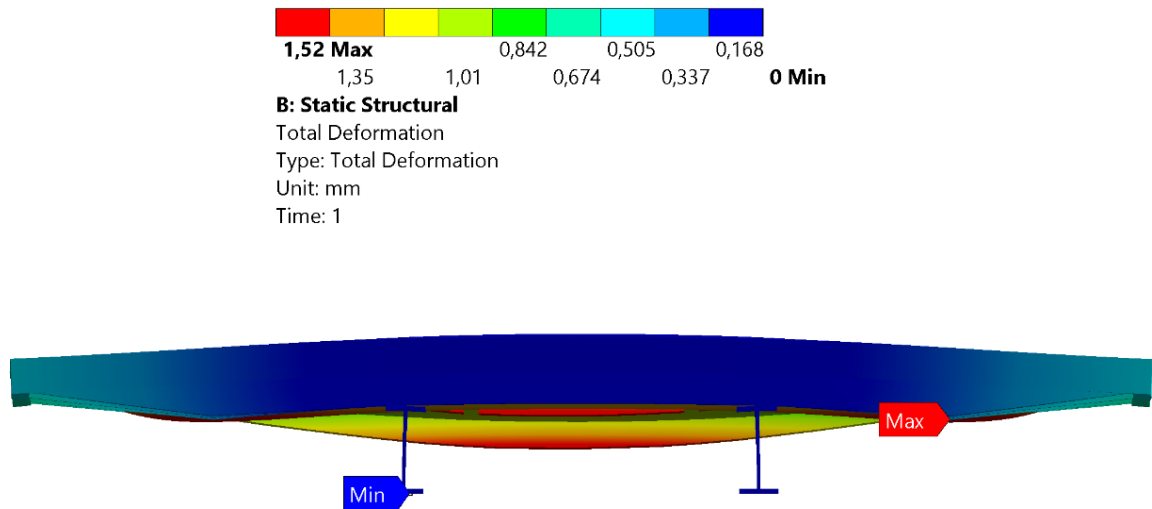
##### 4.1.1 Plataforma sin corral

Los resultados obtenidos de la deformación en la plataforma sin corral muestran que la deformación máxima de la plataforma con un valor de 1,52 mm. Ver figura 4.1.



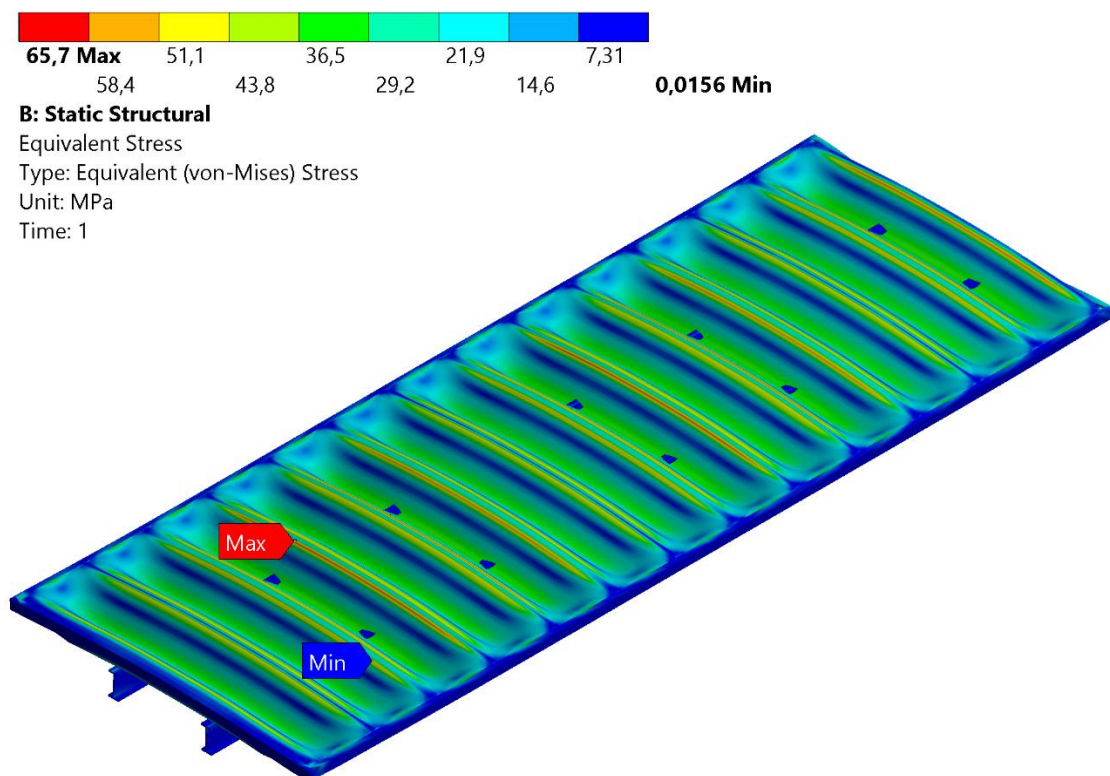
**Figura 4.1** Deformación total

Al variar el plano visual de la figura se puede apreciar que la deformación máxima de la estructura está en el piso y entre los espacios que existe entre los parantes longitudinales. Tal como se puede apreciar en la figura 4.2.



**Figura 4.2** Deformación vista posterior

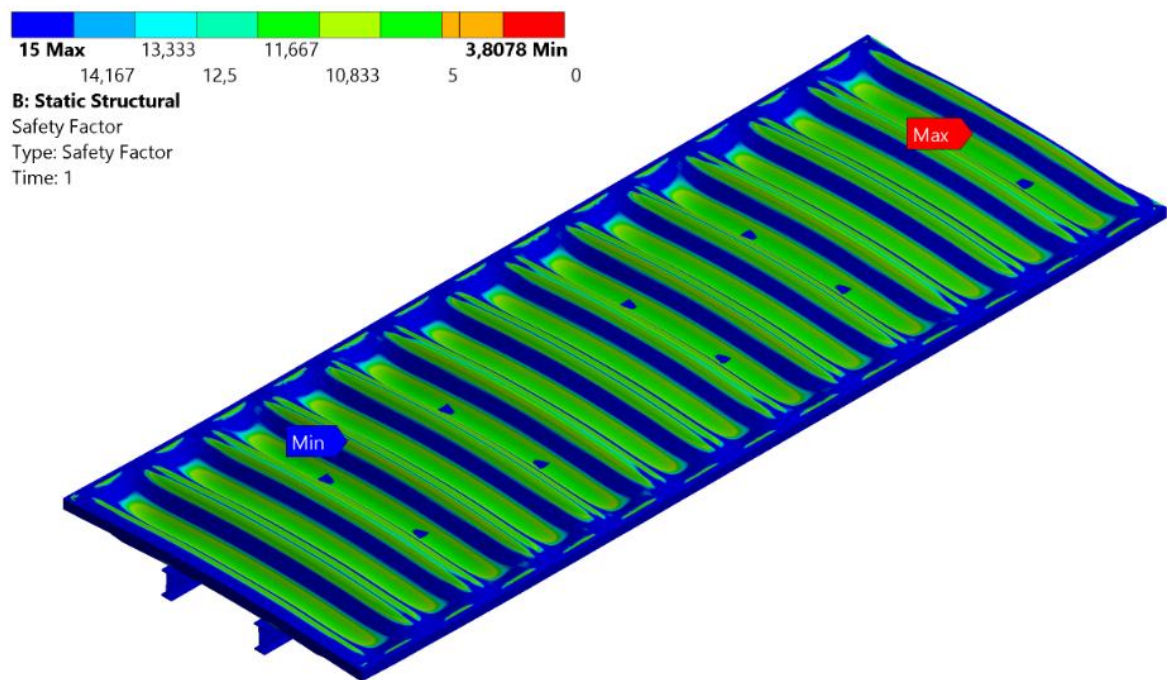
El esfuerzo máximo que se tiene en la figura 4.3 tiene un valor de 65,7 Mpa, y se encuentra ubicado en uno de los soportes longitudinales.



**Figura 4.3** Esfuerzo de Von Mises

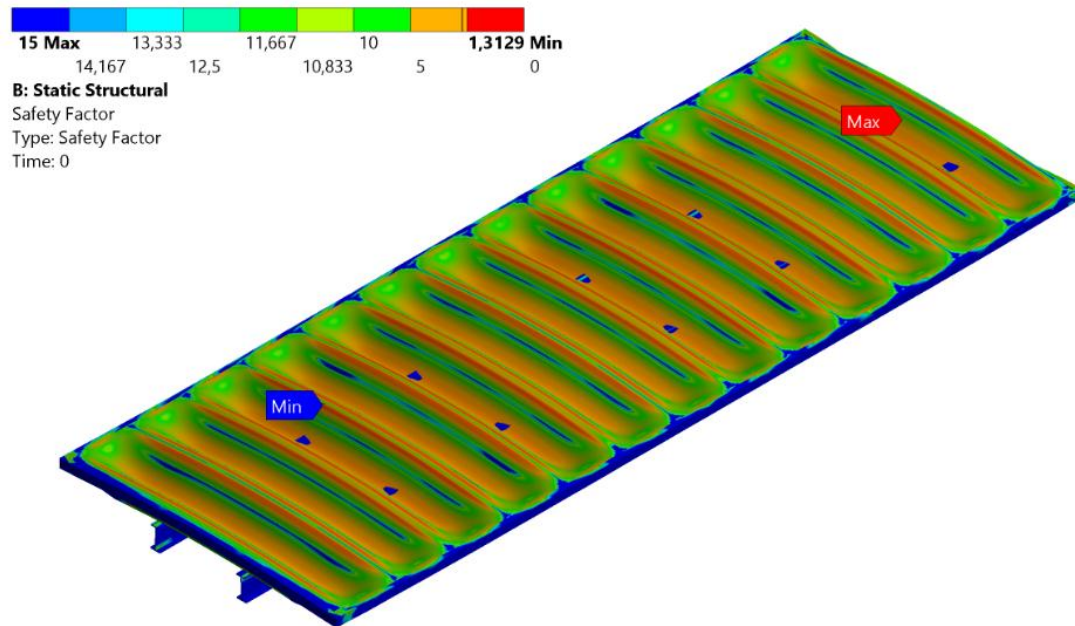
#### 4.1.1.1 Factor de seguridad

El análisis realizado bajo condiciones estáticas, muestra que se tiene un factor de seguridad máximo 15 y con un mínimo de 3,80 lo cual indica que la estructura soportaría sin ningún problema la carga establecida. Ver figura 4.4



**Figura 4.4** Factor de seguridad análisis estático

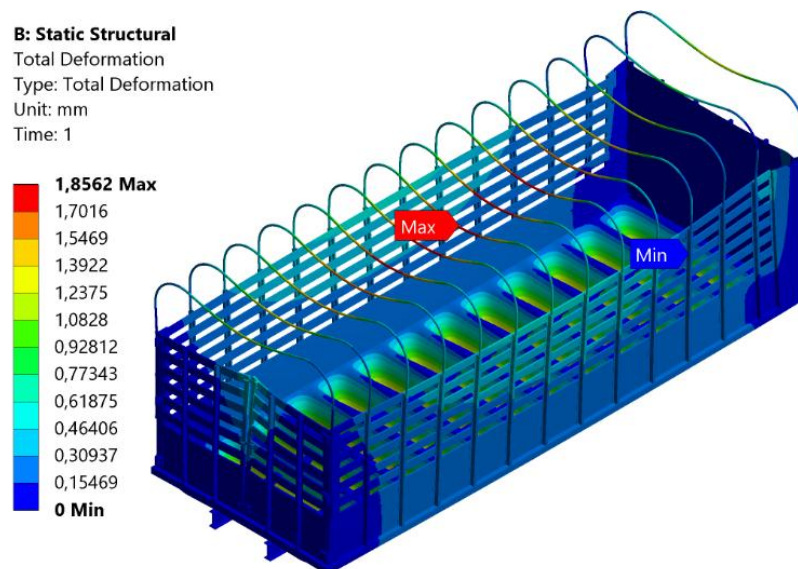
Al realizar la simulación bajo cargas a fatiga se puede ver que el factor de seguridad cambia, teniendo como máximo y mínimo de 2,805, valor que de igual forma indica que la estructura soportaría sin ningún problema las cargas generadas por las condiciones variadas de trabajo. Como se indica en la figura 4.5.



**Figura 4.5** Factor de seguridad análisis a fatiga

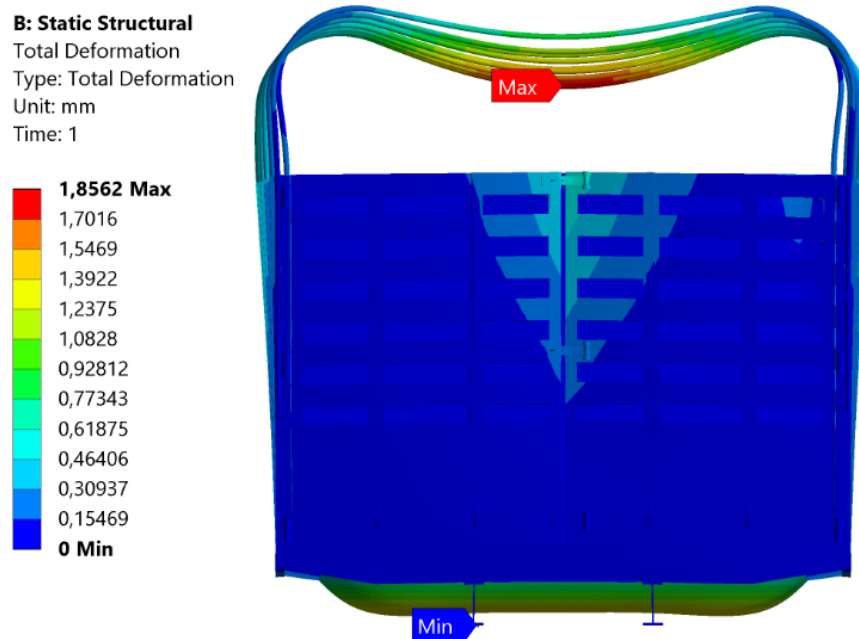
#### 4.1.2 Plataforma con corral

Los resultados obtenidos en la plataforma con todo y corral muestran que ya no se tiene en la parte inferior de la estructura sino más bien esta cambia y ahora está en la parte superior. Figura 4.6



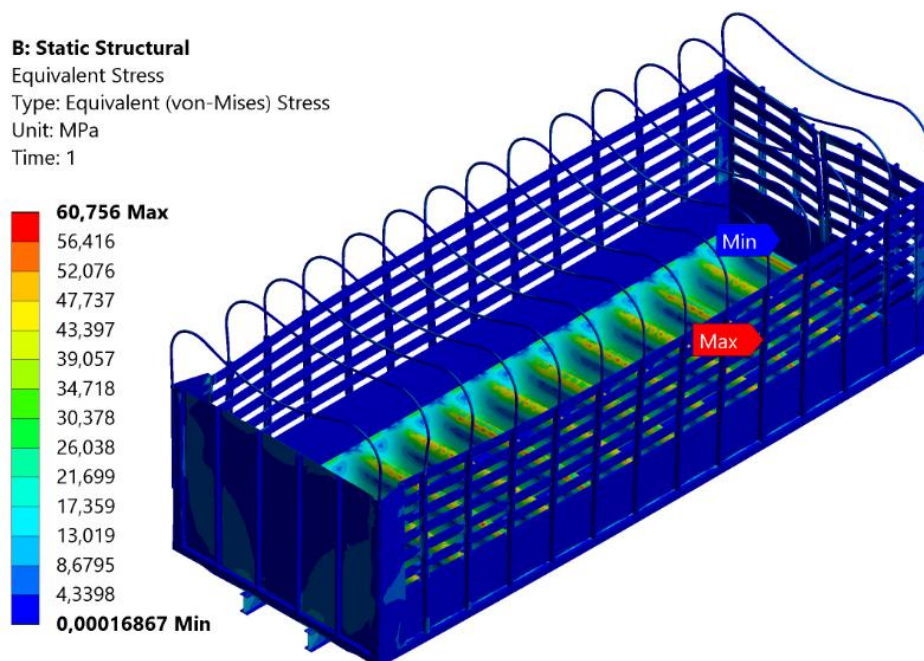
**Figura 4.6** Deformación

En la figura 4.7, se puede apreciar que la mayor deformación se tiene en los tubos superiores, los mismo que pueden llegar a deformarse hasta 1,377 mm.



**Figura 4.7** Deformación vista posterior

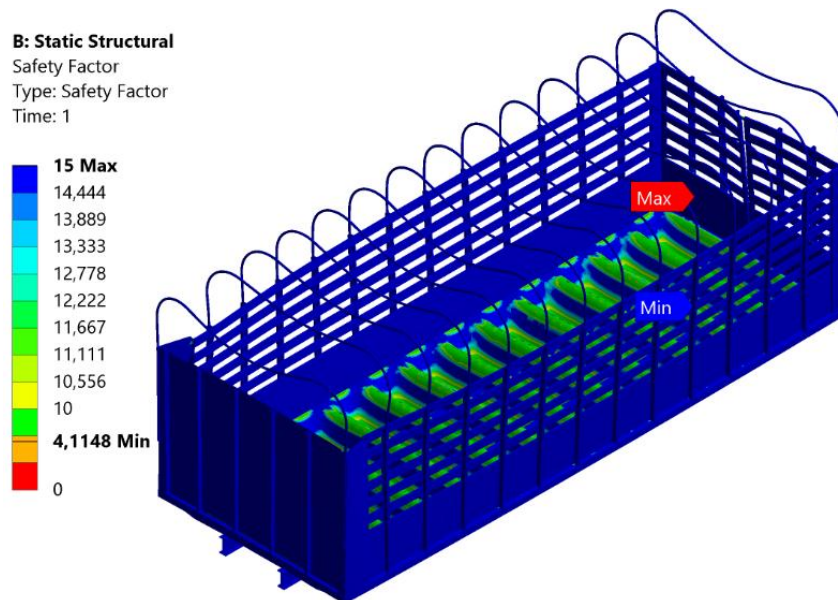
El esfuerzo máximo de la estructura se generaría en la parte frontal del corral, este esfuerzo máximo tiene un valor máximo de 74,23 Mpa, ver figura 4.8



**Figura 4.8** Esfuerzo de Von Mises

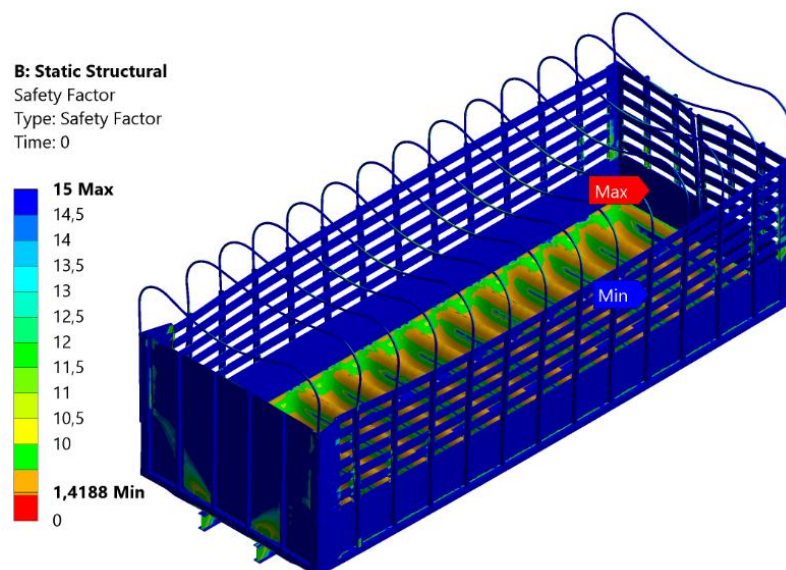
#### 4.1.2.1 Factor de seguridad

En condiciones estáticas se puede ver que el factor de seguridad máximo es de 15, mientras que el mínimo tiene un valor de 3,36. Ver figura 4.9



**Figura 4.9** Factor de seguridad análisis estático

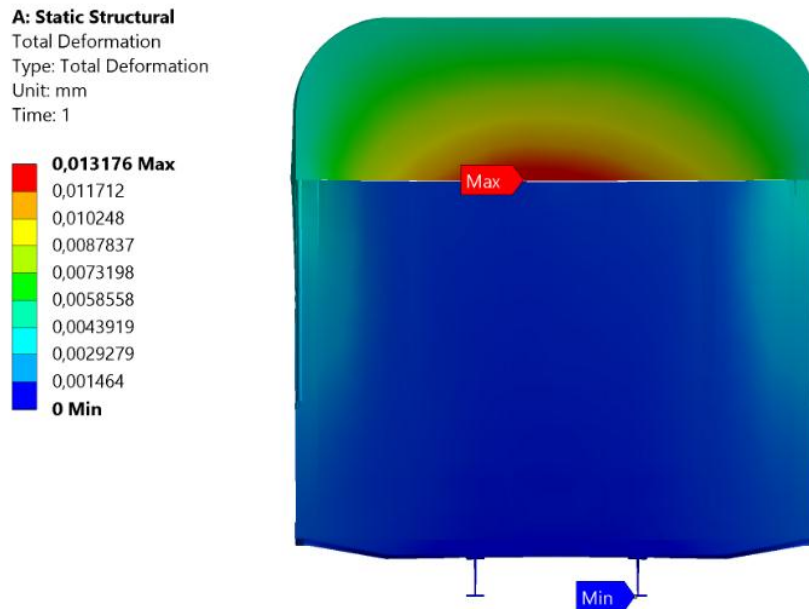
Haciendo el análisis en condiciones de fatiga el factor de seguridad de la estructura es 1,16 muy cercano a la unidad, indicando la estructura soportaría, pero en algún instante se darían fallas ya sea por exceso de carga más allá a la establecida o por deterioro del material, cabe mencionar esa es la zona más crítica de la estructura, la misma que no presenta mayor peligro.



**Figura 4.10** Factor de seguridad análisis a fatiga

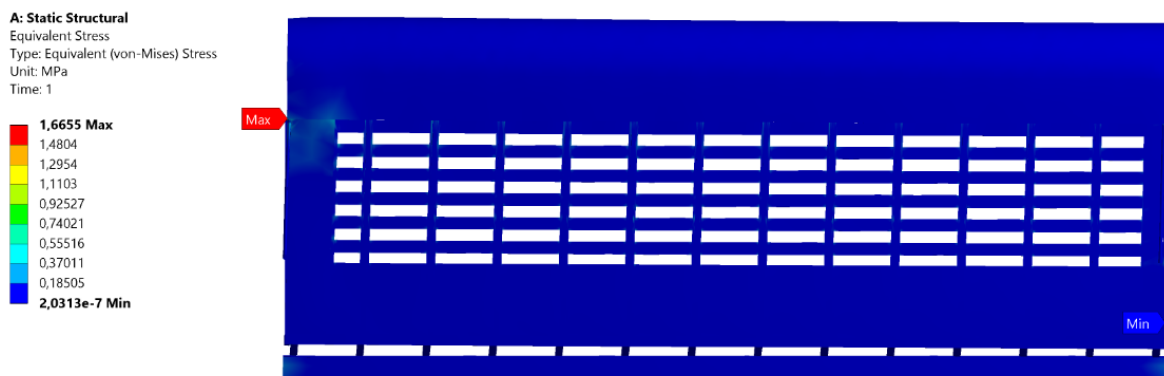
### 4.1.3 Resultados de la simulación bajo la interacción de aire

En la superficie de impacto se aplicó, la reacción generada por el aire es en la siguiente figura se puede ver cómo actúa el aire sobre la carpa



**Figura 4.11** Deformación de la carpa por la influencia del aire

Como se puede apreciar en la figura que se presenta a continuación, el aire al interactuar con la carpa del aire genera una reacción en los tubos que sirve de soporte para el todo, pero principalmente al primero que tiene a recibir la mayor cantidad de esfuerzo generado por el aire.



**Figura 4.12** Deformación Esfuerzo de Von- Mises generado por el aire.

## **4.2 Sistema de ensamblado de la plataforma**

En el proceso constructivo de este tipo de plataforma se debe realizar una serie de operaciones como:

### **Cortado**

Materiales como ángulos, planchas metálicas y tubos de la estructura son cortados con amoladora y planchas de tool de pequeños espesores se utiliza tijeras.

### **Doblado**

El proceso de doblado para placas y tuberías se usa comúnmente dobladoras manuales y dobleces se envía a realizar en talleres especializados que cuenta con máquinas CNC.

### **Torneado**

Para el desarrollo de acoples seguros para puestas o algún eje en acero se utiliza un torno manual.

### **Soldadura**

El proceso de soldadura utilizado para el armado de las estructuras se utiliza procesos de soldadura SMAW, con electrodo revestido (E7018, E6011 y E6013). Mientras que, para la unión de placas de bajo espesor como es el caso de planchas de tool se utiliza procesos de soldadura TIG o GMAW.

### **Perforado**

Esta operación se realiza con taladros manuales o pedestales, dependiendo los espesores que tengan el material donde se realiza los orificios, en el caso de la madera se utiliza taladros manuales.

### **Pintado**

Para el proceso de pintado se utiliza un soplete de aire - compresor y pintura color que pidan los clientes.



Una forma de tecnificar y generar una mayor producción de este tipo de estructuras sería mejorando el tipo de producción, donde se implemente equipos que permitan minimizar los tiempos perdidos de trabajo por operaciones como corte, perforados y doblados.

A continuación, se especifica las mejoras que se podría implementar en el taller para realizar el proceso de ensamblado de las plataformas.

#### **4.2.1 Corte**

Para la construcción de la plataforma para el armado de toda la estructura es utiliza elementos estructurales como: perfiles en I, ángulos, omegas, tubos rectangulares, cuadrado y tubos redondos en la figura 4.13, que se puede ver una máquina automática para corte de todo tipo de perfiles



**Figura 4.13** Máquina automática para corte de perfiles

Fuente: (TRAE, 2018, pág. 1)

El costo aproximado de este tipo de maquinarias es de \$ 30000 dólares

#### **4.2.2 Perforado**

El proceso de perforado es uno de los más esenciales dentro de la construcción para este tipo de plataformas, ya que mediante este se pueden hacer las

perforaciones necesarias para la ubicación de sujetadores para varios elementos que conforma la plataforma.

Una maquinaria que facilita el proceso de perforado es una prensa la misma que puede estar equipada con diversos tipos de matrices de distintas dimensiones, en la figura 4.14 se puede ver una troqueladora neumática, las misma que cuenta con acópleles para la ubicación de distintos tipos de matrices ya se a para perforados redondos o de otra forma geométrica este tipo de maquinaria presenta un costo de \$8000 y \$10000 dólares. (TMB, 2019)



**Figura 4.14** Máquina automática para perforado

Fuente: (TMB, 2019, pág. 1)

#### **4.2.3 Doblado**

Para el desarrollo de doblado de planchas, se puede utilizar una dobladora de láminas de metal hidráulica (ver figura 4.15), tiene una capacidad máxima para realizar dobleces de hasta planchas de 8 mm de espesor.



**Figura 4.15** Máquina dobladora planchas metálicas

Fuente: (CLASF, 2016, pág. 1)

El costo de este tipo de maquinarias en el país es de \$ 24000 (ML, 2019, pág. 1), cabe mencionar que este tipo de maquinaria sería muy útil para el desarrollo los parantes verticales primarios y secundarios que se usa en la plataforma.

Con la implementación de este tipo de maquinarias, se podría tener una producción más rápida de las plataformas, además que permitiría el desarrollo de más salida de más productos al mes.

### **4.3 Costos de inversión**

La empresa para realizar la implementación de maquinaria que le permita mejorar su producción debería realizar una inversión inicial, la misma, que desglosa a continuación

En la siguiente tabla se muestran todos los valores de los equipos hidráulicos y neumáticos que presentan un costo aproximado de \$ 64000 dólares.

**Tabla 4.1** Costos de equipos

<b>Cant</b>	<b>Material</b>	<b>Especificación</b>	<b>P. unidad (USD)</b>	<b>P. Total (USD)</b>
1	Cortadora automática	S/N	30000	30000
1	Troqueladora hidráulica	S/N	10000	10000
1	Dobladora de planchas de acero	S/N	24000	24000
			<b>V. Total</b>	<b>64000</b>

Para realizar el análisis económico es necesario tener un costo aproximado que se ocupa al construir una plataforma por lo que se desglosa todos los costos que intervienen.

#### 4.3.1 Costos de materiales

Para la construcción de la plataforma se usa un sin número de consumibles y materia prima por lo que el desglose de cada una de estas resulta muy numerosa, pero de acuerdo con el dueño de la empresa en la construcción de una plataforma se utiliza cerca de \$ 800 a \$ 1000 por plataforma dependiendo el tamaño que tenga el vehículo incluso puede llegar a gastarse hasta \$1500.

#### 4.3.2 Costos de procesos de construcción

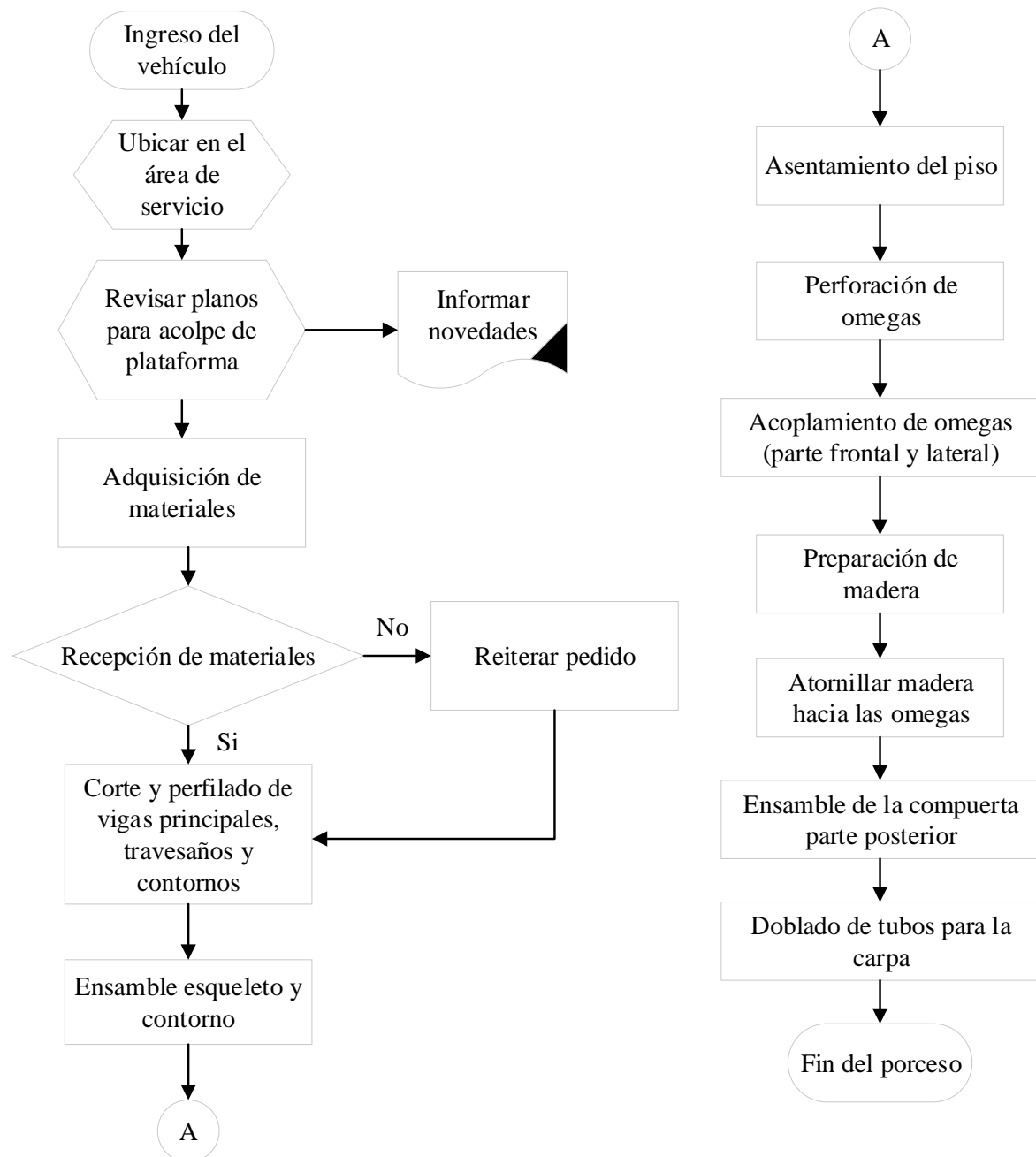
En la siguiente tabla se muestran todos los procesos mecánicos utilizados para la construcción de la plataforma, así como también una aproximación del número y costo de cada operación realizada

**Tabla 4.2** Costos de procesos de construcción

<b>Proceso</b>	<b>Costo por operación</b>	<b>Número de operaciones</b>	<b>P. Total (USD)</b>
Torno	8usd, la hora	6	48
Sierra eléctrica	2usd, por corte	20	40
Suelda GMAW	30usd, el metro	8	240
Dobladora Manual	0,25ctvs por doblez	20	5
Dobladora automática	2usd, por doblez	10	20
Cortadora automática	1usd, por corte	10	10
Cortadora Manual	0,25ctvs, por corte	20	5
Troqueladora	12usd, día	2	24
Amoladora	15usd, día	3	45
Taladradora	8usd, día	2	16
Esmeril	8usd, día	1	8
Suelda SMAW	30usd, día	2	60
		<b>V. Total</b>	<b>521</b>

### 4.3.3 Flujograma del proceso de armado de la plataforma

Para realizar al armado de la plataforma se debe seguir el siguiente diagrama de flujo donde se indica los procesos que se deben seguir. Para optimizar costos de material y lograr optimizar el tiempo de ensamblado de la estructura. Figura 4.16









**Figura 4.16** Flujograma de procesos

#### 4.3.4 Proceso de producción

El proceso de producción que se debe seguir para la fabricación de la plataforma debe estar ligado bajo cierta sinología la misma que se muestra en la siguiente tabla

**Tabla 4.3** Simbología del proceso de producción

	Operación
	Transporte
	Inspección minuciosa
	Inspección
	Almacenamiento
	Operación con inspección

En los siguientes diagramas (figuras 4.17, 4.18 y 4.19) que se muestra a continuación se puede ver los proceso a seguir para la producción y ensamblado de toda la plataforma. Para concluir con este tipo de trabajo se toma en consideración las diferentes actividades que se indica en la tabla 4.3.

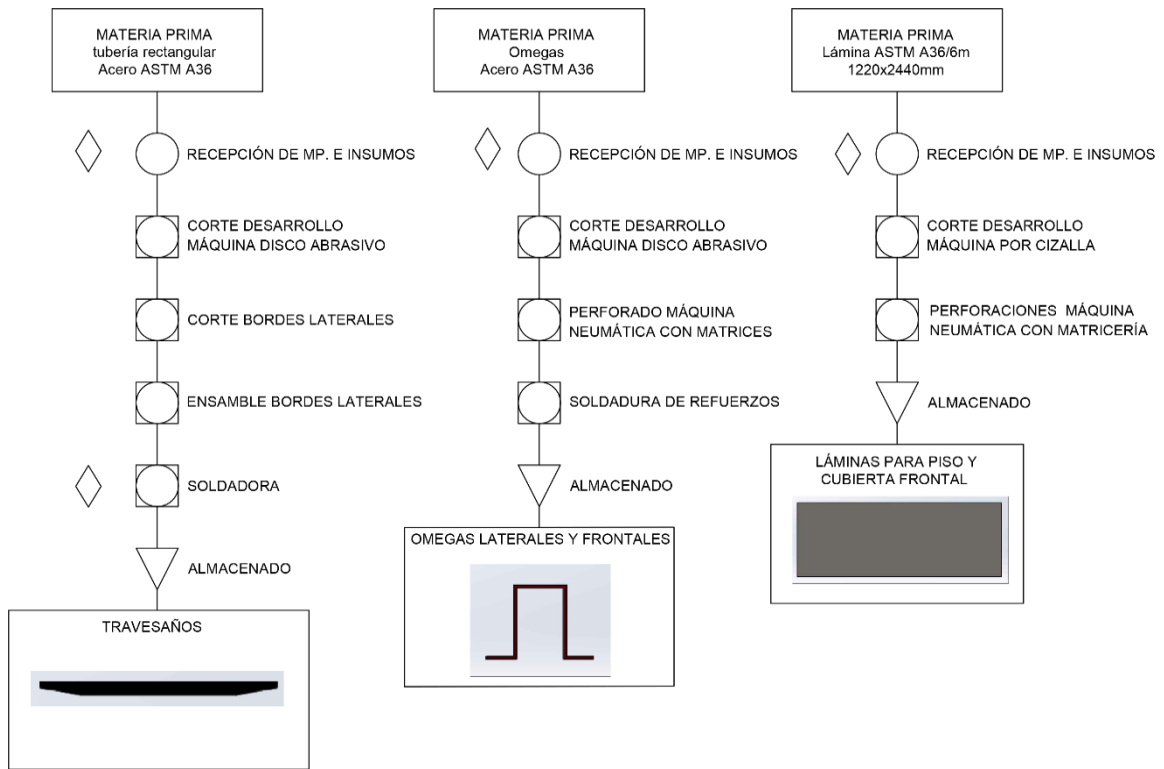


Figura 4.17 Procesos de producción 1

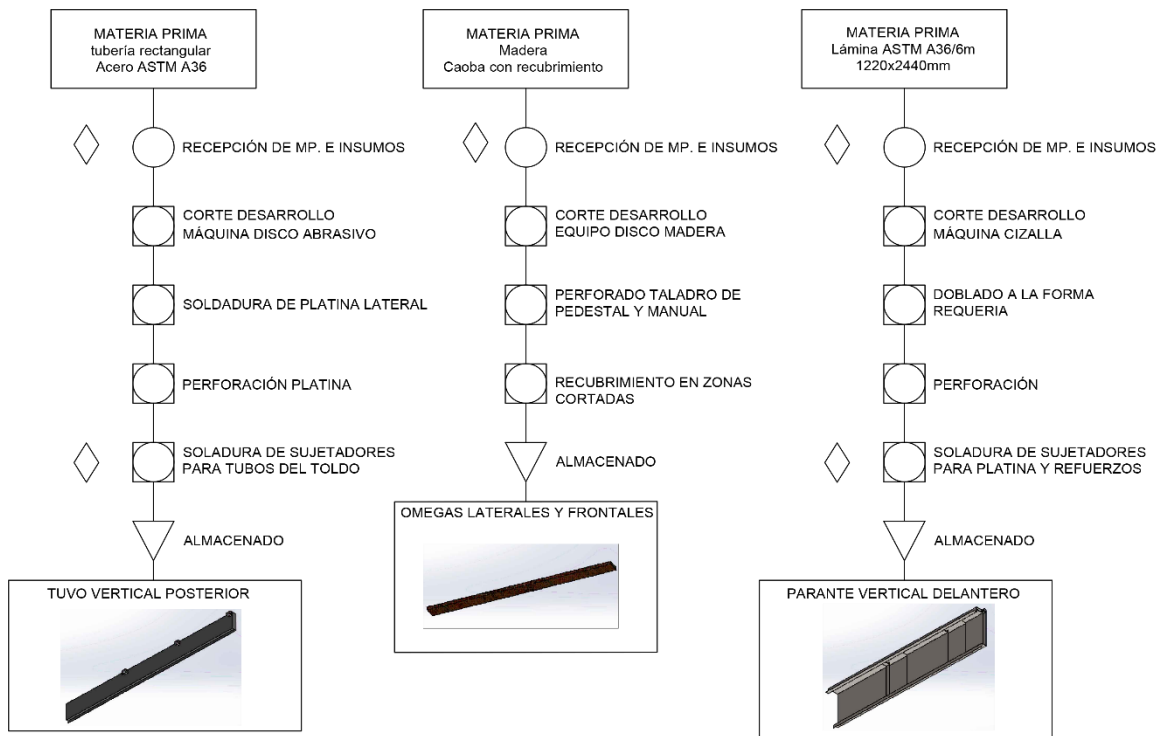


Figura 4.18 Proceso de producción 2

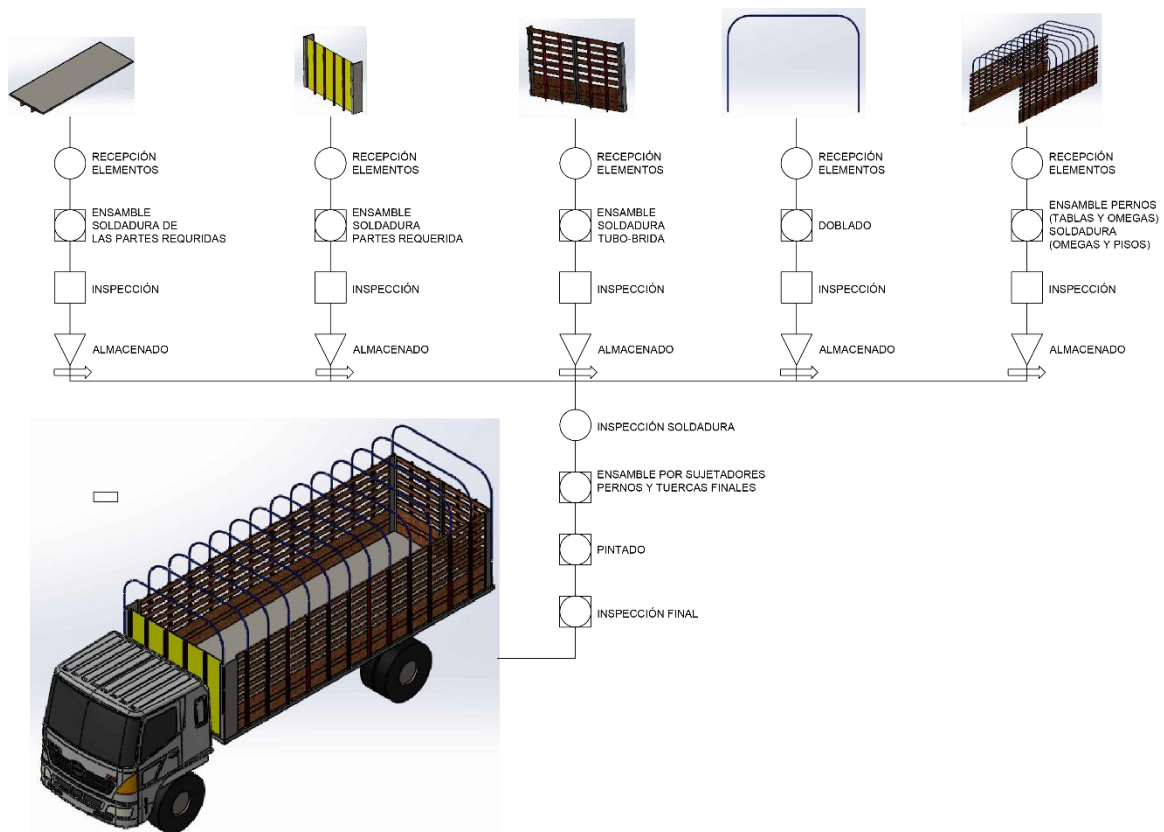


Figura 4.19 Proceso de ensamble

4.3.5 Plano de organización de la planta a considerar

La figura 4.20, indica cómo se debería realizar la distribución de las zonas de trabajo con la implementación de los nuevos equipos.

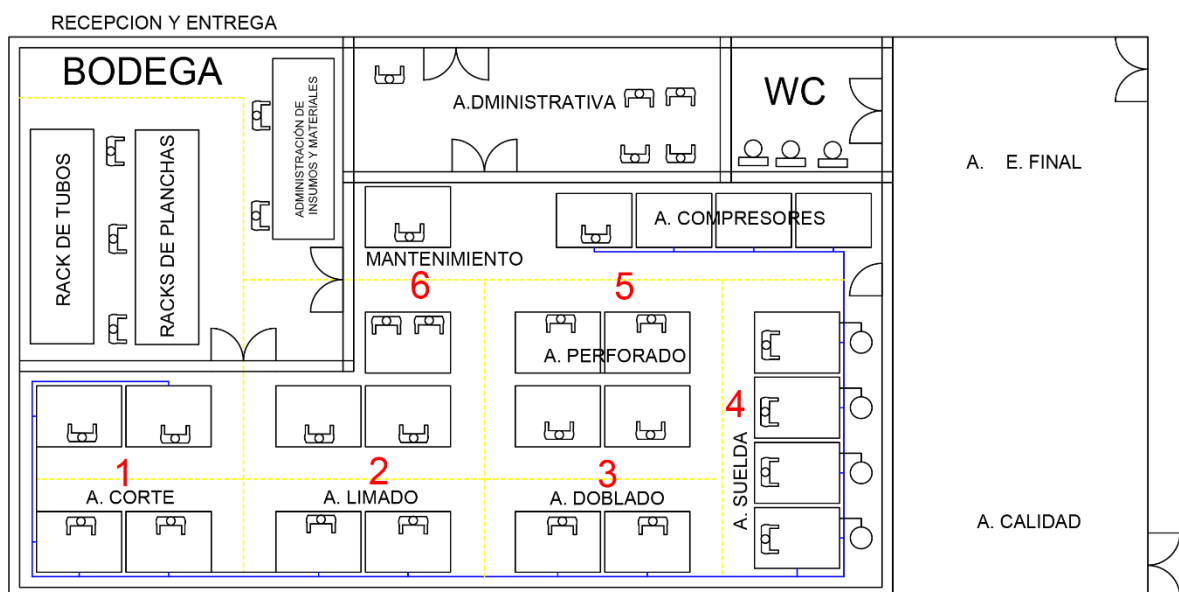


Figura 4.20 Plano de la planta que se considera



## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 Conclusiones

- El diseño de la plataforma de carga fue realizado en software CAD Solidworks y cuenta muchos elementos estructurales existentes en el mercado ecuatoriano. Para la construcción del modelo se utilizó dimensiones de los catálogos de Novacero empresa que se dedica a la producción de perfiles para la construcción a nivel nacional.
- El modelo está constituido por cuatro ensambles principales que corresponde a las estructuras del piso, la compuerta, la pared frontal y la estructura de madera con los elementos que sostiene la carpa, cabe mencionar que cada ensamble principal cuenta con un sin número de elementos los cuales constituyen la estructura, pero los principales son las vigas, parantes laterales, parantes verticales y travesaños ya que estos constituyen el esqueleto fuerte de la estructura.
- Para la simulación de la estructura se utilizó el programa de Ansys 18, este software presenta ciertas ventajas sobre los otros existentes y es que permite tener control sobre el mallado y facilita la aproximación real de los resultados. Para el desarrollo de la simulación en Ansys se siguió un proceso ordenado el cual consiste en esquematización de módulos, importación de la figura, mallado y ubicación de condiciones de frontera, las mismas que corresponde a la ubicación de cargas vivas totales en este caso se utilizó un valor 168340 N, valor que corresponde a la suma de 30% por cargas de impacto, 10 % por sobre carga y las 12 toneladas de carga máxima que soporta el vehículo HINO GH 1726 en donde se va a instalar la estructura.
- Los resultados encontrados en la simulación son los correspondientes a un análisis estático y a fatiga. Cabe mencionar que se realizó el análisis para distintas condiciones de funcionalidad de la estructura como la plataforma solo con el piso cuya aplicación es muy usada para grúas de transporte de

vehículos, la plataforma con el corral de carga sin carpa y con carpa, Los resultados obtenidos indican que la estructura bajo las distintas condiciones de operación y condiciones críticas soportaría sin ningún problema puesto que el factor de seguridad más bajo y con los parámetros mencionados anteriormente es de 1,3.

- El proceso de fabricación que se estableció para la plataforma es bajo la utilización de maquinaria automática, la misma que permitiría tener una alta productividad.
- Se estableció procesos de producción basado en la utilización de matrices en el perforado para elementos estructurales como las omegas, platinas y planchas de tool. Para el caso de soldadura se plateo la utilización de proceso GMAW y SMAW tipos de soldadura para alta productividad y de campo respectivamente.

## **5.2 Recomendaciones**

- En el diseño de estructura siempre se debe considerar la existencia de productos existentes en el mercado nacional, de tal forma que la producción no se complique por falta de materia prima.
- En la utilización de programas soliworks se recomienda definir bien los parámetros de ensambles y uniones permanentes para que estos puedan ser generados a la hora de realizar los planos de la estructura.
- En la simulación de la estructura se debe definir bien las condiciones de frontera ya que de esto depende ver el comportamiento de los resultados.
- El proceso de malla en las simulaciones se recomienda que sean los más refinado posibles y que este dentro de altos parámetros de aceptación ya que la veracidad de los resultados depende de esto.
- Para el desarrollo de diagramas de procesos de producción es recomendable la utilización de simbología normalizada, la misma que permita tener un buen entendimiento.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Andrade Vargas , J. M., & Sánchez Acosta, H. P. (2007). *Diseño de un plataforma cama-alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores* . Quito-Ecuador.
- ANSYS Iberia, S.L. (2016). *ANSYS 17.0: Aumenta la Productividad de tu Empresa*. Obtenido de <http://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/155234-ANSYS-170-Aumenta-la-Productividad-de-tu-Empresa.html>
- Atego. (2015). *INSTRUCCIONES DE MONTAJE DE CARROCERÍAS Y EQUIPAMIENTOS*. Brasil.
- Benz, m. (s.f.). *instrucciones para el montaje y equipos en camiones*.
- Boch, R. (2005). *Manual de la Técnica del Automóvil*. España: Reverte.
- Caiza, J. E., & Sánchez , E. P. (2012). *Diseño de una plataforma cama baja extensible con capacidad de 25 toneladas, acoplable a cabezales de transporte pesado*. Escuela Politecnica Nacional, Facultad de Ingeniería Mecánica, Quito.
- Carnicero, A. (2018). *Introducción a Método de elementos finitos*. Obtenido de [http://www.iit.comillas.edu/~carnicero/Resistencia/Introduccion\\_al\\_MEF.pdf](http://www.iit.comillas.edu/~carnicero/Resistencia/Introduccion_al_MEF.pdf)
- CLASF. (2016). *dobladora hidraulica de plachas* . Obtenido de <https://www.clasf.pe/dobladora-hidr%C3%A1ulica-de-planchas-en-arequipa-2827117/>
- Dirección General de Tráfico. (2015). *Reglamentación sobre vehículos pesados, prioritarios, de transporte de personas, mercancías y tramitación administrativa*.
- Herrera, F. A. (2010). *Introducción a los procesos de manufactura*. Copyright.

- Hino. (2013). *Manual del vendedor*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/danieldcy/hino-manual-del-vendedor>
- Hino. (20 de marzo de 2015). Obtenido de Manual del vendedor: <https://es.slideshare.net/danieldcy/hino-manual-del-vendedor>
- LEXIS. (2012). *REGLAMENTO A LEY DE TRANSPORTE TERRESTRE*. Quito. Obtenido de <https://www.obraspublicas.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/03/Decreto-Ejecutivo-No.-1196-de-11-06-2012-REGLAMENTO-A-LA-LEY-DE-TRANSPORTE-TERRESTRE-TRANSITO-Y-SEGURIDAD-VIA.pdf>.
- Málaga, U. d. (2018). *Elasticidad y resistencia de materiales sección de pared delgada*. Universidad de Málaga.
- MD-solid. (2018). *MDSolids Software*. Obtenido de [http://descargar.cnet.com/windows/mdsolids-software/3260-20\\_4-10304666-1.html](http://descargar.cnet.com/windows/mdsolids-software/3260-20_4-10304666-1.html)
- Mitsubishi. (2016). *Mitsubishi-Fuso Box Truck*. Obtenido de [http://www.the-blueprints.com/vectordrawings/show/15837/mitsubishi-fuso\\_box\\_truck/](http://www.the-blueprints.com/vectordrawings/show/15837/mitsubishi-fuso_box_truck/)
- ML. (2019). *plegadora electrohidráulica de plachas*. Obtenido de [https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-419085803-nueva-plegadora-electro-hidraulica-de-planchas-metalicas-\\_JM](https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-419085803-nueva-plegadora-electro-hidraulica-de-planchas-metalicas-_JM)
- MTOP. (06 de Junio de 2016). *Ministerio de transporte y obras Públicas*. Obtenido de Registro Oficial No 769: <https://www.derechoecuador.com/registro-oficial/2016/06/registro-oficial-no-769---lunes-06-de-junio-de-2016>
- Narvárez Zurita , D. A., & Tibán Freire, H. P. (2015). *Diseño y construcción de un remolque tipo plataforma cama alta de dos ejes con capacidad de 15 toneladas*. Universidad de la Fuerzas Armadas, Ciencias de la energía y Mecánica, Latacunga. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/10028/1/T-ESPEL-MAI-0514.pdf>

- Nisbeet., R. G. (2008). *Diseño de Ingeniería Mecánica de Shigley* . México D.F.: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Novacero. (2018). *El acero del futuro Novacero* . Obtenido de Productos y servicios: <https://www.novacero.com/productos-y-servicios/productos.html>
- NTE-INEN 2656. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2656:2012*.
- Peiqing Liu, Y. X. (2017). Design and performance of a small-scale aeroacoustic wind tunnel. *Elsiver*, 65-69. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X16302791?via%3Dihub>
- PND. (Octubre de 2017). *Plan Nacional de Desarrollo*. Obtenido de PNBV-26-OCT-FINAL\_OK.compressed.pdf
- Real Academia de Ingeniería. (2018). *Densidad del aire*. Obtenido de DEI 1.0: <http://diccionario.raing.es/es/lema/densidad-del-aire>
- Saco, S. (20 de 08 de 2015). *Túneles de viento: en manos del aire*. Obtenido de <https://www.elmundo.es/motor/2015/08/20/55d5bc5c268e3ed31d8b457f.html>
- Scania, M. d. (2004). (*Scania CV AB 2004, Sweden (pág. 12)*).
- sharcnet.ca. (2018). *Skewness*. Obtenido de [https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb\\_msh/msh\\_skewness.html](https://www.sharcnet.ca/Software/Ansys/17.0/en-us/help/wb_msh/msh_skewness.html)
- Smith, T. (2017). *When the going gets tough, the tough use ANSYS for CFD Meshing*. Obtenido de <http://www.padtinc.com/blog/the-focus/when-the-going-gets-tough-the-tough-use-ansys-for-cfd-meshing>
- Teojama. (abril de 2014). *El Nuevo Hino FM High Power: Más Potencia Y Comodidad*.
- Ternium. (20 de 06 de 2016). Hoja técnica de producto . *Ternium Placa A36*. Obtenido de <http://www.ternium.com/>

TMB. (2019). *Máquinas troqueadoras*. Obtenido de <https://www.troquelesytroqueladoras.com/troqueles/maquinas.html>

TRAE. (2018). *máquina automática para cortes de perfiles de acero*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=qDcHpfTCmAY>

WONG. (1978). *Theory of Ground Vehicles*. New York.

## **ANEXOS**

## Anexo 1: Propiedades físicas de la madera “Caoba”

Propiedades Físicas	Valor	Clasificación
Peso específico verde (gr/cm <sup>3</sup> )	-	-
Peso específico seco al aire (gr/cm <sup>3</sup> )	-	-
Peso específico anhidro (gr/cm <sup>3</sup> )	0.50 - 0.52	Mediano
Peso específico básico (gr/cm <sup>3</sup> )	0.45 - 0.46	Moderadamente pesada
Contracción volumétrica total (%)	7.80 - 8.40	Baja
Contracción tangencial total (%)	4.11	Baja
Contracción radial total (%)	3.00	Baja
Relación: Contracción tangencial total Contracción radial total	1.10 - 1.40	Favorable (Baja)



Propiedades Mecánicas (contenido de humedad 12%)		Valor	Clasificación
Flexión estática	Módulo de Rotura (kg/cm <sup>2</sup> )	842	Algo mediana
	Módulo de Elasticidad (kg/cm <sup>2</sup> )	100,000 - 106,000	Algo mediana
Compresión	Paralela a la fibra Resistencia máxima (kg/cm <sup>2</sup> )	491	Baja
	Perpendicular a la fibra Limite proporcional (kg/cm <sup>2</sup> )	67	Baja
Cizalladura	Resistencia máxima Plano radial (kg/cm <sup>2</sup> )	89 - 456	Algo mediana
Dureza Janka	Resistencia lateral (kg/cm <sup>2</sup> )	364 - 388	Algo mediana
	Resistencia en los extremos (kg/cm <sup>2</sup> )	483	Algo mediana
Extracción de clavos	Resistencia lateral (kg)	-	-
	Resistencia en los extremos (kg)	-	-
Impacto	Trabajo de corte (KJ/m <sup>2</sup> )	-	-



**Anexo 2 Punto Crítico del Bastidor**



**Anexo 3 Perfil del Bastidor**



