

Diseño y fabricación de un nuevo perfil metálico que se utilizará como bastidor auxiliar para los camiones HINO de hasta seis toneladas de peso utilizando el Método de

Elementos Finitos MEF

Alexander Giovanni Paucar Gualotuña

Universidad Particular Internacional SEK

Nota del autor

Alexander Giovanni Paucar Gualotuña,

Facultad de Arquitectura e Ingeniería, Universidad Internacional SEK.

Director Ing. Jaime Molina, MSc.

Codirector Ing. Diana Peralta, Msc.

Cualquier correspondencia concerniente a este trabajo puede dirigirse a:

apaucar.mdm@uisek.edu.ec

Declaración Juramentada

Yo, Alexander Giovanni Paucar Gualotuña, con cédula de identidad 1713283602, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

ALEXANDER GIOVANNI PAUCAR GUALUTUÑA
C.I.: 171328360-2

Índice General de Contenidos

Contenido	Página
Portada	1
Declaración juramentada	2
Índice	3
Índice de figuras	6
Índice de tablas	8
Índice de ecuaciones	9
Resumen	10
Abstract.....	11
Introducción.....	12
Antecedentes.....	12
Planteamiento del Problema	13
Estado del arte	16
Caracterizticas generales	16
Bastidos auxiliar.	17
Clasificación.	17
Bastidores de largueros longitudinales.	17
Bastidor de perfil reforzado.....	18
Bastidorcon perfil de doble T.	19
Selección del bastidor auxiliar y fijación.	20
Clases de servicio.	21
Procedimiento para fabricar un conjunto de bastidor de vehículo	24
Ligereza	25
Rigidez.....	26
Economía.....	26
Materiales de fabricación.....	26
Aceros estructurales.....	27
Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación	28
Usos	28
Diseño de los bastidores auxiliares para camiones industriales	30
Fuerzas estáticas del chasis principal	30
Fuerzas dinámicas en el bastidor del camión	31
Fuerzas laterales en el chasis	32
Fuerzas de torsión en el chasis	33

Distribución de esfuerzos con los largueros del bastidor	34
Diseño con el método de elementos finitos	36
Diseño mediante esfuerzos Teoría de la falla	39
Factor de seguridad de resistencia (Ns)	39
Mallado de la estructura	40
Análisis de esfuerzos del perfil “Z”	41
Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores	44
Desarrollo	46
Método.....	46
MEF (Método de elementos finitos).....	46
LRFD (Load and Resistance factor design)	47
Análisis por modelo matemático	47
Modalidad de investigación.....	47
Sistema CAD (Diseño Asistido por computador)	49
Dimencionamiento del perfil	49
Modelado del perfil tipo “Z”	50
Análisis usando el método L.R.D.F.....	53
Caso camión con carga ordinaria distribuida	53
Análisis y cálculos	54
Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores	56
Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo I	57
Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo II	58
Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo III.....	58
Factor de seguridad de resistencia del material	61
Análisis por el método (MEF)	64
Factor de seguridad.....	72
Análisis mediante modelo matemático.....	73
Discusión de resultados	79
Manufactura y costos	89
Costos.....	89
Conclusiones y recomendaciones.....	91
Conclusiones.....	91
Recomendaciones	93
Referencias bibliográficas	94
Anexos	97
Anexo 1	97

Anexo 2	98
Anexo 3	99
Anexo 4	100
Anexo 5	101
Anexo 6	104
Anexo 7	105
Anexo 8	106
Anexo 9	108
Anexo 10	111
Anexo 11	113
Anexo 12	114

Índice de figuras

Contenido	Página
Figura. 1 Especificaciones técnicas del modelo de camión HINO Serie 300 DUTRO 16	15
Figura. 2 Bastidor de camión de largueros principal con perfil “U”	18
Figura. 3 Tipos de reforzamiento de los bastidores de perfil “U”	19
Figura. 4 Plataforma con bastidor de perfil T	20
Figura. 5 Bastidor tipo escalera	23
Figura. 6 Fallo a rotura en bastidor de camión con grúa auto portante.	24
Figura. 7 Conjunto de bastidor de un vehículo.....	25
Figura. 8 Diagramas de fuerzas estáticas cuando el vehículo está cargado y sin carga ..	30
Figura. 9 Factores que producen las cargas dinámicas en el vehículo	31
Figura. 10 Fuerzas laterales al tomar una curva	32
Figura. 11 Torsión del bastidor.	33
Figura. 12 Distribución de esfuerzos en la flexión vertical	34
Figura. 13 distribución de esfuerzos en la flexión horizontal	34
Figura. 14 Flexión horizontal de un larguero	35
Figura. 15 Tipos de mallado en 2D y 3D	40
Figura.16 Mallado de modelo en una estructura	41
Figura. 17 Tipo de cargas utilizadas sobre los largueros del chasis.	42
Figura. 18 Distribución de esfuerzos en la flexión horizontal.....	43
Figura. 19 Diagrama de cuerpo libre de la carga distribuida sobre los bastidores del camión.	44
Figura. 20 Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.	48
Figura. 21 Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.	49
Figura. 22 Modelación del perfil tipo “Z” para uso del bastidor auxiliar	51
Figura. 23 Modelación de la estructura base del chasis principal con el bastidor auxiliar	52
Figura. 24 Sección de la estructura metálica entre el chasis principal con el bastidor auxiliar.....	52
Figura. 25 Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones.....	53
Figura. 26 Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones.....	54
Figura. 27 Diagrama de cuerpo libre donde actúan las fuerzas y reacciones del vehículo.	57

Figura. 28	Diagrama de esfuerzos cortantes, b) Diagrama de momentos flectores.	59
Figura. 29	Interfaz de usuario para el sistema de Static Estructural.....	64
Figura. 30	Aplicación de la carga distribuida en los largueros del chasis del camión con el bastidor auxiliar.	65
Figura. 31	Aplicación del mallado con el valor mínimo, entre el chasis principal y el bastidor auxiliar.	67
Figura. 32.	Aplicaciones de las reacciones RA, RB de carga entre el chasis y el bastidor auxiliar del camión	68
Figura. 33	valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572grado 50 espesor 5mm.....	69
Figura. 34	Valores máximo y mínimo de la deformación del material ASTM A572grado 50 espesor 5mm.	70
Figura. 35	Valor del factor de seguridad del material ASTM A572grado 50 espesor 5mm.	70
Figura. 36	Valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572grado 65 espesor 5mm.	71
Figura. 37	Valores máximo y mínimo de deformación ASTM A572grado 65 espesor 5mm.	72
Figura. 38	. Valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572grado 65 espesor 5mm.....	72
Figura. 39	Diagrama del tramo AB para la simulación.....	73
Figura. 40	Diagrama del tramo AB establecida como viga doblemente empotrada.	74
Figura. 41	Diagrama de deformación puntos máximo y mínimo del segmento.....	75
Figura. 42	Análisis de los esfuerzos máximo y mínimo del esfuerzo de Von Mises....	76
Figura. 43	Diagrama de deformación del segmento.....	76
Figura. 44	Diagrama de deformación del segmento.....	77
Figura. 45	División del perfil en segmentos rectangulares.	78
Figura. 46	Ubicación de valores del esfuerzo de Von Mises con el modelo matemático.	81
Figura. 47	Simulación del modelo matemático con el programa Wolfram Mathematica	81
Figura. 48	Proceso de fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO.....	89

Índice de tablas

Contenido	Página
Tabla 1 Clase de Servicio.....	22
Tabla 2 Aceros SAPH 440 Características.....	28
Tabla 3 Composición química del acero A572.....	29
Tabla 4 Propiedades Mecánicas del acero A572.....	29
Tabla 5 Dimensiones generales del camión HINO serie 300.....	50
Tabla 6 Dimensiones generales del camión HINO Serie 300 DUTRO 816.....	54
Tabla 7 Cálculo del factor de seguridad (Ns).....	63
Tabla 8 Tabla de comparación de resultados finales.....	79
Tabla 9 Resultados obtenidos del en el material acero ASTM A572 GRADO 50.....	82
Tabla 10 Resultados obtenidos del en el material acero ASTM A572 GRADO 65.....	83
Tabla 11 Análisis de resultados utilizando el método LRDF.....	84
Tabla 12 Análisis de resultados utilizando el método MEF.....	85
Tabla 13 Análisis de resultados en relación del factor de seguridad.....	86
Tabla 14 Análisis de resultados en relación del esfuerzo de Von Mises.....	87
Tabla 15 Análisis de resultados en relación del factor de deformación.....	88
Tabla 16 Análisis de costos entre la compra nacional y la importación.....	90

Índice de ecuaciones

Contenido	Página
Ec. 1 Fuerza aplicada en el centro de masa	31
Ec. 2 Serie de Taylor y balance de energía.....	38
Ec. 3 Energía de distorsión máxima Von Mises.....	39
Ec. 4 Factor de seguridad	39
Ec. 5 Factor de seguridad de resistencia del material.....	39
Ec. 6 Coeficiente de energía	40
Ec. 7 Módulo de resistencia a flexión.....	42
Ec. 8 Carga total	43
Ec. 9 Reacción de fuerza en el punto A.....	44
Ec. 10 Reacción de fuerza en el punto B.....	44
Ec. 11 Resistencia ley de Hooke	45
Ec. 12 Masa máxima admisible.....	55
Ec. 13 Esfuerzo a flexión.....	60
Ec. 14 Módulo de resistencia a flexión	60
Ec. 15 Factor de seguridad	62
Ec. 16 Ley de Hooke de deformación	62

Resumen

El presente proyecto de investigación consiste en validar el material más óptimo que pueda soportar la resistencia y rigidez del mismo con una sección de perfil tipo “Z”, además que deberá cumplir para adaptación de ensamble como bastidor auxiliar sobre el chasis principal para el camión marca HINO de la serie 300. y que soporte para una carga máxima de 6000 kg. La compañía SIDEC S.A que realiza importaciones de dos tipos de materiales estructurales para sus distintos productos por lo cual requiere que sirva como apoyo técnico para su compra y fabricación del mismo y estos son acero ASTM A-572 Grado 50 y el ASTM a-572 Grado 65.

Para llegar al diseño optimo se aplicaron los métodos como es de análisis por cálculos LRFD (Load and Resistance factor design) usando sus ecuaciones respectivas de la ley de Hooke para determinar la deformación crítica y su factor de seguridad, para así comparar los resultados con el método de elementos finitos, realizando simulaciones mediante la ley de distorsión de Von Mises teoría de la falla se obtuvieron los resultados de deformación, factor de seguridad y de esfuerzos.

Además, para garantizar la resistencia adecuada se aplicó un modelo matemático parte de un segmento del material seleccionado del acero ASTM A-572 Grado 64 cuyos valores están dentro los parámetros indicados para esta investigación.

Obtener resultados con los métodos analíticos, simulaciones y elementos finitos cuyos valores obtenidos determinar y seleccionar para construir con el material más óptimo tomando en cuenta la economía, resistencia y ligereza respectiva.

Abstract

The present research project is to validate the most optimal material that can withstand the strength and rigidity of the same with a profile section type "Z", which must also meet for assembly adaptation as an auxiliary frame on the main chassis for the brand truck HINO of the series 300. and that support for a maximum load of 6000 kg. The company SIDEC SA that imports two types of structural materials for its different products which requires it to serve as technical support for its purchase and manufacture thereof and these are steel ASTM A-572 Grade 50 and ASTM a-572 Grade 65.

In order to arrive at the optimal design, the methods were applied as it is of analysis by calculations LRFD (Load and Resistance factor design) using their respective equations of the law of Hooke to determine the critical deformation and its safety factor, in order to compare the results with the Finite element method, performing simulations using the Von Mises distortion theory fault theory, the results of deformation, safety factor and stress were obtained.

In addition, to ensure adequate strength, a mathematical model was applied to a segment of the material selected from ASTM A-572 Grade 64 steel whose values are within the parameters indicated for this investigation.

Obtain results with the analytical methods, simulations and finite elements whose values obtained determine and select to build with the most optimal material taking into account the respective economy, resistance and lightness.

Introducción

Antecedentes

El bastidor de un automotor se define como estructura en la que se montan y sujetan los componentes y elementos que lo conforman. Su función principal es para soportar distintas cargas como son las estáticas, dinámicas y así tener una resistente protección en caso de accidente.

En la iniciación de la manufactura del automóvil (Karl Benz 1885) con motores de combustión interna, el diseño de la estructura del chasis se consideraba un factor secundario, debido a las bajas potencias de los automóviles de la época. Con el desarrollo de motores más potentes, el estudio de la estructura principal del automotor toma una vital importancia en su evolución.

Al comienzo y hasta 1910, tanto la estructura como carrocería de la época eran de madera, muy similares a los coches de caballos. A partir de 1910 se comienza a trabajar con acero y aluminio en las estructuras y se empieza a evolucionar buscando una mayor rigidez torsional del bastidor. En 1934 Citroën es la primera marca que introduce el monocasco en un modelo fabricado en serie (Traction avant). Tras la Segunda Guerra Mundial y con una gran escasez de acero en Europa, se desarrollan aleaciones de aluminio y se aumenta su uso en los chasis de la época.

En la crisis energética a finales de los sesenta, las compañías dirigen sus esfuerzos a la reducción de peso, llegando en algunos casos a rebajarlo en 500 kg. En 1979 Ford termina su primer vehículo fabricado totalmente en fibra de carbono. A partir de estos años el objetivo de las industrias es mejorar las ideas existentes para reducir peso, la meta ahora es reducir consumos y emisiones.

Poco a poco y con el desarrollo de los motores más potentes, el estudio de la estructura principal del auto toma una vital importancia debido a que sus componentes necesitaban rediseñarse tal es el caso de los soportes como el chasis y carrocerías para así mejorar las condiciones de los automotores tanto en colisión como en duración, hoy en día existen variedades de diseño para el confort de los usuarios, que necesitan seguridad y resistencia de componentes en caso de accidente. (Robertson, 2002).

Chevrolet en el año 1953, lanza el Corvette, con un chasis tubular y carrocería completa de fibra de vidrio en los años en los Estados Unidos se seguía utilizando el chasis y montado sobre él la carrocería, la competencia en Europa se empieza a investigar sobre materiales compuestos, y cada vez más en busca de un diseño integrado de carrocería y chasis y elementos incorporados como son los bastidores auxiliares.(Carrera, 2006)

Este breve paso por la historia ayudará a entender la tendencia actual en el diseño de chasis y carrocerías en los automóviles.

Planteamiento del problema

El proyecto se enfoca a la reingeniería y topología del diseño de un nuevo perfil estructural que conforma el bastidor reforzado (chasis + bastidor auxiliar) para los camiones de marca HINO de hasta seis toneladas de carga y su fabricación se lo realizará en la empresa industrial SIDEC S.A.

Actualmente en el Ecuador no se dispone de normas técnicas para la fabricación de elementos específicos de soportes de cargas en el área de las carrocerías por ejemplo los bastidores auxiliares , por lo que se ha tomado como referencias las normas de construcción de las carrocerías de buses que sirven como guía en las

industrias que realizan estas actividades, es por esta razón la compañía SIDEC .S.A requieren para el montaje de furgones metálicos del camión marca HINO de la serie 300 DUTRO 816. Para el desarrollo de esta investigación se basará en carrocerías DAF TRUCKS NV.

Con estos antecedentes la compañía requiere para su línea de producción el de validar un diseño de un perfil longitudinal con espesores de material de hasta tres milímetros de espesor que permita soportar las cargas estáticas sobre los chasis de los camiones, además colocar travesaños para tener una resistencia suficiente y absorber fuerzas laterales utilizando el método de elementos finitos mediante un programa computacional.

Asimismo, la empresa requiere y solicita del rediseño del bastidor auxiliar, además que se utilice y optimice el material que importa anualmente y realizar una comparación de costos con los perfiles ya existentes en el mercado nacional, puesto que la empresa busca reducir los costos de producción en un 30% utilizando los recursos de máquinas y equipos con los que dispone.

La compañía está prevista realizar tiene planificado construir y ensamblar 3000 camiones de la serie 300 para un período de dos años, este contrato esta realizado por el Grupo el Juri, esto es cuanto se puede informar por la fuente confidencial de las empresas en relación.

Para realizar el rediseño del perfil se tomará en cuenta con las especificaciones según la modelo del camión (Figura.1) se indica los parámetros a tomarse en cuenta y un el bosquejo del modelo.

716 XZU710L - HKFQL3 / 816 XZU720L - HKFRL3					
MODELO	716 XZU710L-HKFQL3	816 XZU720L-HKFRL3	MODELO	716 XZU710L-HKFQL3	816 XZU720L-HKFRL3
Configuración	4X2		EMBRAGUE	Monodisco seco tipo diafragma	
CAPACIDADES			TRANSMISIÓN		
Capacidad carga eje delantero	3.100 Kg.	3.100 Kg.	Transmisión / Tipo	Manual	
Capacidad carga eje posterior	5.100 Kg.	5.500 Kg.	Número de velocidades	6 velocidades + 1 reversa	
Peso bruto vehicular	8.200 Kg. (*6.500 Kg.)	8.600 Kg. (*7.500 Kg.)	EJES		
Peso vacío	2.440 Kg.	2.500 Kg.	Delantero	Tipo Viga Elliot "I" Inversa reforzada	
Capacidad de carga	5.760 Kg. (*4.060 Kg.)	6.100 Kg. (*5.000 Kg.)	Trasero	Sistema Flotante, reducción simple	
Neumáticos	215/75 R17.5		SUSPENSIÓN		
MOTOR			Delantera	Ballestas semielípticas con amortiguadores de doble acción	
Tipo	Diesel Turbo Intercooler		Trasera	Ballestas semielípticas con amortiguadores de doble acción	
Sistema de inyección	Inyección electrónica en riel común		Dirección	Hidráulica (Bolas recirculantes)	
Norma de control de emisiones	Euro 3		FRENOS		
Potencia máxima	148 HP @ 2.800 RPM		De servicio	Hidráulico	
Torque máximo	42.8 KgM @ 1.400 RPM		De estacionamiento	Mecánico	
Cilindraje	4.009 cm ³		(*) Homologación en Ecuador		

Figura 1: Especificaciones técnicas del modelo de camión HINO Serie 300 DUTRO 16

Fuente :(<http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones>)

El presente proyecto tiene como objetivo principal el determinar la configuración de un perfil metálico para el chasis de un camión industrial de la marca HINO de la serie 300 DUTRO 816 que servirá como bastidor auxiliar a través del análisis en toda la longitud con la ayuda del Método de Elementos Finitos MEF con una carga distribuida de hasta seis toneladas, para innovar en el soporte funcional de su montaje y construcción.

La determinación de la configuración del perfil metálico para el bastidor auxiliar se modificaría de acuerdo a las geometrías tradicionales como son del tipo U, L, I; buscando alternativas para adaptabilidad del chasis del camión.

Mediante del análisis del método MEF y aplicando las cargas estáticas y dinámicas sobre la longitud del chasis se comprobaría el parámetro óptimo de la sección requerida como son el espesor, tipo de material a usarse.

También con esto se lograría innovar en el proceso de fabricación y montaje garantizando una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original del vehículo y una unión desmontable entre el bastidor del vehículo y la carrocería prevista.

Estado del arte

Características generales

Los bastidores para los camiones industriales son elementos metálicos que se encuentran fabricados mediante perfiles de distintas geometrías.

El principal objetivo de la mayoría de vehículos industriales que circulan por las carreteras es el transporte de mercancías de grandes masas y dimensiones.

Este hecho parte de unas características técnicas y constructivas propias de dicho tipo de vehículos de las que se destaca el elemento estructural de carrocería más importante y representativo del vehículo industrial, el bastidor.

Los elementos constructivos que permiten transportar las elevadas cantidades de carga se denominan bastidores, cuya función es la de aportar al vehículo una gran rigidez, para que pueda trasladar la carga sin sufrir deformaciones permanentes, ni roturas en el material.(Teller Bel, 2011).

El bastidor auxiliar

El propósito del falso bastidor o bastidor auxiliar es de garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el chasis original del vehículo y garantizar una unión perfecta entre el soporte del vehículo y la carrocería prevista.

Otra de las ventajas del uso del bastidor auxiliar sobre el armazón del vehículo es que se consigue también una transmisión más uniforme de la carga a la estructura portante del vehículo. (Galbarro, 2010).

La forma general los bastidores auxiliares están compuestos de perfiles con formas de secciones diversas, aunque destacan mucho el uso de perfiles en forma de U o en Z, o también con secciones cerradas como cuadradas y rectangulares.

Otro de los motivos del gran uso de los bastidores auxiliares es debido a su facilidad de fabricación y ahorro de material, permitiendo dotar de mucha más rigidez y resistencia a la estructura portante del vehículo sin que suponga incurrir en un incremento excesivo del peso añadido al vehículo. (Galbarro, 2010)

Clasificación

Bastidor de largueros longitudinales

Están compuestos de dos perfiles longitudinales denominados largueros, fabricados por chapas metálicas laminadas de una geometría tipo U unidos entre sí mediante travesaños que se dispone perpendicularmente a los largueros lo cual se hace más rígido para llevar grandes cargas en la (*Fig.2*) si indica el bastidor larguero longitudinal.



Figura.2. Bastidor de camión de largueros principal con perfil “U”

Fuente : (Galbarro, 2010)

Bastidor de perfil reforzado

Los bastidores con perfil reforzado son utilizados en camiones que vayan a transportar grandes pesos o vayan a estar sometidos a esfuerzos puntuales importantes debido a sus particulares condiciones de uso (por ejemplo, camiones volquetes, porta-contenedores, camiones-grúas, etc).

En este tipo de bastidores los perfiles son reforzados mediante el empleo de placas metálicas platabandas que se pueden observar en la (*Fig.3*), estos se colocan a lo largo del perfil sobre las alas superior e inferior del auto bastidor del vehículo teniéndose una estructura más rígida y consistente.

También se lo puede reforzar, si el camión tiene los largueros de perfil tipo U se puede incluir un refuerzo interno formando con en forma de U que se ajusta al perfil original del chasis.

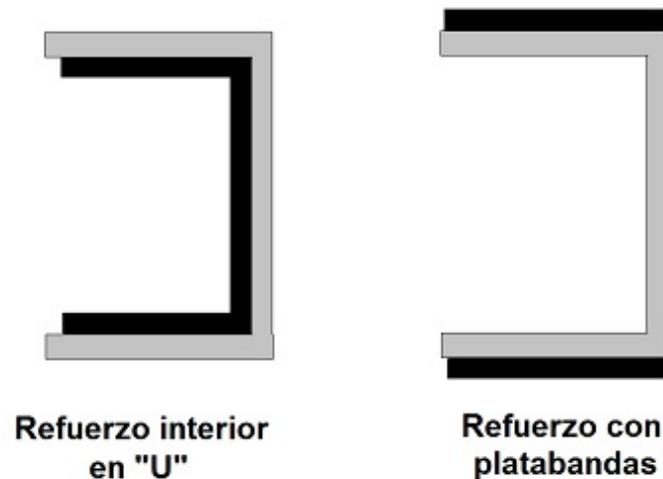


Figura. 3: Tipos de reforzamiento de los bastidores de perfil U (Marzo)

Fuente : Ingemecanica (tutorialn69)

No obstante, esta forma de reforzar el bastidor mediante el empleo de platabandas, o mediante perfiles en U interiores es sustituido cada vez más por el empleo de bastidores auxiliares.

Los bastidores auxiliares se colocan sobre el auto bastidor del vehículo para conseguir mayor sección resistente. Esta forma de reforzar el bastidor, debido a su facilidad de fabricación, permite dotar de más rigidez y resistencia a la estructura portante del vehículo sin incurrir en un incremento excesivo del peso añadido, este método son los más empleados por los carroceros en reformas y carrozado de camiones. (Galbarro, 2010).

Bastidor con perfil de doble T

Este tipo de bastidores son fabricados a partir de perfiles de doble T , su característica principal de este tipo es por su fácil construcción , por su cambio de sección del miso es decir el alma del perfil.

Esto se encuentra únicamente en semirremolques y plataformas de grandes cargas por sus dimensiones y formas complejas. En la (Fig.4), se observa una plataforma con el bastidor tipo T. (Galbarro, 2010).



Figura 4: Plataforma con bastidor de perfil T

Fuente : Ingemecanica (tutorialn69)

Selección del bastidor auxiliar y fijación

El diseño, tamaño del bastidor auxiliar y su refuerzo se determina por un número de factores como el tipo de chasis del vehículo, clase de rigidez torsional y clase de servicio, además se considera los siguientes requisitos:

- Espacio para el movimiento de las ruedas.
- La manipulación de la carga.
- Nivel y altura del vehículo.
- Fijación de la carrocería.

HINO ECUADOR, indica el procedimiento para selección del perfil en los bastidores auxiliares que se basa de acuerdo al manual de los vehículos y camiones de las marcas HINO- SCANIA JAPAN, que indica lo siguiente:

1. Determine la clase de servicio.
2. Determine la clase de rigidez torsional e identifique las recomendaciones para el carrozado del vehículo.
3. Identifique las recomendaciones dependiendo de los componentes con los que se equipará el vehículo.
4. Revise cada categoría de recomendaciones.

En el caso de que haya varias recomendaciones dentro de la misma categoría, determine la recomendación más adecuada. En general, se debe seguir la recomendación que proporciona la resistencia mecánica mayor y se dividen en las siguientes categorías:

- Bastidor auxiliar.
- Fijación en la sección delantera del bastidor auxiliar.
- Fijación en la sección trasera del bastidor auxiliar.
- Debido a los factores que pueden tener un efecto sobre el diseño de la carrocería.
- Requisitos de espacio libre de las ruedas.
- Requisitos especiales de altura para la superficie de carga.
- Accesibilidad y servicio.
- Fijación de cilindros hidráulicos en el chasis

Clases de servicio

Los vehículos de Scania-Hino están diseñados y fabricados para distintas condiciones de funcionamiento. Las distintas condiciones de funcionamiento exigen distintos requisitos en lo que se refiere a la resistencia a fuerzas dinámicas.

Por lo tanto, cada uno de los vehículos está adaptado para una determinada clase de servicio indicando las condiciones de funcionamiento para las que se ha diseñado el vehículo y estos parámetros determinan los esfuerzos dinámicos que se generan sobre el chasis y el bastidor auxiliar y estas se determinan por el tipo de carretera que a continuación se detalla en la siguiente Tabla1.

M Medio

H Servicio pesado

E Servicio extra pesado

Tabla 1

Clase de Servicio

Tipo de carretera	Clase de servicio
Carreteras asfaltadas en buen estado	M
Carreteras asfaltadas en mal estado o carreteras sin asfaltar en buen estado	H
Conducción todoterreno o carreteras sin asfaltar en al estado	E

Fuente:(www.escaania-hino) 2007

Los elementos constitutivos de un chasis de carga son básicamente los largueros y travesaños estos dos elementos se unen para formar la estructura integra del chasis, los largueros son los perfiles longitudinales de la estructura, son dos y en este se asientan y apoyan un sin número de elementos.

Los travesaños, son los tramos transversales que están entre los largueros, por lo general son tres o cuatro dependiendo del largo del camión

Se puede añadir otro travesaño a la estructura siempre y cuando se lo realice bajo la supervisión de la casa constructora del chasis y del ente controlador de cada país. (Schuch, 1999).

El bastidor auxiliar es parte del chasis que está unido al bastidor principal mediante soldadura, pernos que este puede ser desmontable por lo que se indicara las partes de estos elementos.

El bastidor es elemento estructural primordial que integra al sistema, éste actúa como interface de la plataforma y el chasis, además es el soporte de los elementos y conforma la guía que desliza la plataforma. Ver (Fig.5).

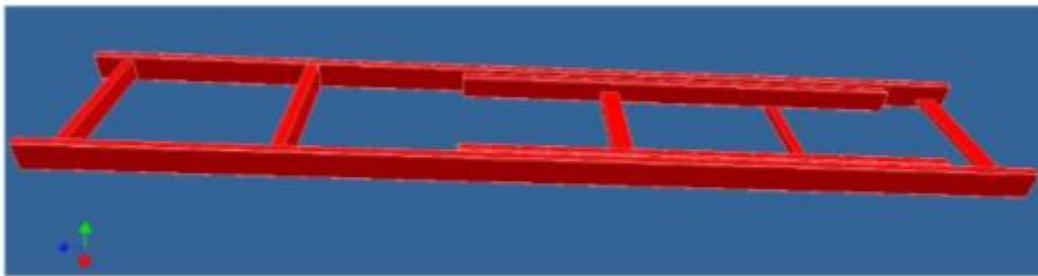


Figura 5: Bastidor tipo escalera

Fuente : Velasco Andrango,2010

La misión fundamental del bastidor es brindar soporte físico a la plataforma para inclinar y guiarla hasta la carga. Generalmente el bastidor se constituye de elementos longitudinales perfiles de acero unidos por puentes o arriostres, similar a una escalera. (Pulloquina, Carlos, & Velasco Andrango, 2010).

Hoy en día el montaje de grúas de auto carga sobre vehículos industriales se realiza mediante la construcción de bastidores con perfiles de acero laminado en caliente y aceros en general, que refuerzan y rigidizan la estructura del vehículo para que la grúa funcione correctamente y para que el vehículo aguante los diferentes esfuerzos a que es sometido por el trabajo diario de la grúa.

El incremento en el uso de grúas de gran capacidad de carga sobre vehículos de 2, 3 y 4 ejes, hace necesario en la fabricación de los bastidores el uso de grandes

cantidades de acero para reforzar el chasis del camión, lo cual penaliza seriamente la tara y en consecuencia la carga libre que el vehículo puede transportar.

Por otro lado, un estudio erróneo o el montaje de bastidores con características mecánicas insuficientes puede dar lugar a que el vehículo se rompa literalmente debido a los esfuerzos a que le somete la grúa en las maniobras de elevación, tal y como se muestra en la (Fig. 6).



Figura.6: Fallo a rotura en bastidor de camión con grúa auto portante.

Fuente : Velasco Andrango,2010

Dada la especial peligrosidad asociada a la elevación de masas a través de grúas de carga instaladas sobre camiones, se hace necesario el análisis del comportamiento mecánico de estos dispositivos de forma que se asegure un adecuado funcionamiento estructural en el bastidor del vehículo durante las maniobras de movimiento de la carga. (Malón Litago et al.2010)

Procedimiento para fabricar un conjunto de bastidor de vehículo

La construcción de un chasis es el compromiso entre la rigidez, el peso y el espacio, todo ello teniendo en cuenta el precio final. Deben considerarse la resistencia estática y a fatiga, la estabilidad de los miembros estructurales, la capacidad de soporte de carga de las uniones, la fabricación y el montaje. (Geovany, Santiago, Ceja Perez, Salcedo alvarez, & Villa Trejo, 2009).

Un conjunto de bastidor de vehículo que incluye un par de barras laterales, la interconexión de las barras transversales y la conexión de los soportes, como se visualiza en la (Fig.7).

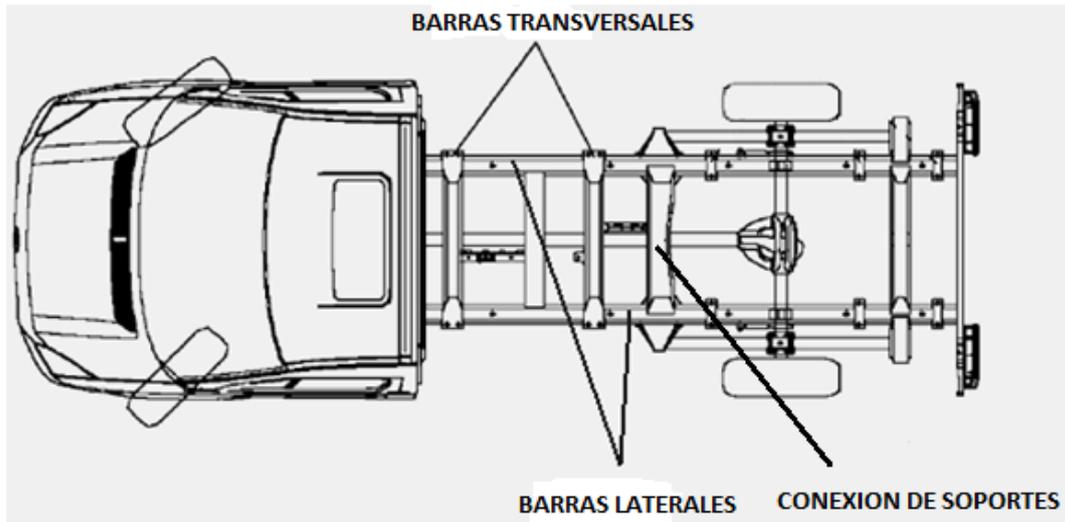


Figura.7: Conjunto de bastidor de un vehículo.

Fuente : www.centro-zaragoza.com N° 47 - Enero / marzo 2011

Los componentes del conjunto de marco más corto, incluyendo las barras transversales y los soportes, se forman como miembros de bandas de múltiples piezas. Los componentes son perforados con equipo de perforación con control numérico, lo que resulta en alineación orificio preciso para el montaje. Para los componentes que no requieren de compensación, las barras laterales de componentes y el soporte y miembros de bandas travesaño son preferiblemente tratada antes de perforación de orificios de calor.(Fleming, 2004).

En la fabricación de un chasis existen tres parámetros fundamentales:

Ligereza. Se puede mejorar mucho la potencia y rendimiento de un motor, pero debe ir acompañado de un chasis ligero, en otro caso se está desperdiciando potencia. Por otro lado, el chasis es uno de los elementos más pesados del vehículo, y un aumento de ligereza proporciona una disminución de consumo importante.

Rigidez. Sin duda éste es el parámetro fundamental de funcionamiento del chasis. Es importante conseguir una estructura resistente a impactos para la protección del piloto, siendo la rigidez el factor del chasis que más influye el comportamiento del vehículo en pista.

Economía. La fabricación debe ser económicamente viable. Los chasis con presupuestos elevados son únicamente utilizados en series cortas de vehículos de gama alta.(Soliz Encinas, 2011).

Materiales de fabricación

Los chasis y demás elementos de un automóvil son fabricados con varios tipos de materiales dependiendo del tipo de material fabricado a continuación podemos citar algunos ejemplos como el chasis en la fórmula SAE.

El chasis de este proyecto ha sido diseñado completamente en acero, queda para proyectos posteriores la posibilidad y estudio del uso de otros materiales en ciertas piezas que puedan mejorar el comportamiento de la estructura. En cualquier caso el material base de la gran mayoría de chasis en la fórmula SAE es el acero, posiblemente porque resulta un material relativamente barato, se puede soldar con facilidad, y si bien es más pesado que algunos materiales como el titanio (módulo de elasticidad 1.16×10^{11} N/m² [W 18], densidad 4510 kg/m^3 [W 19]) o el aluminio ($0.63-0.7 \times 10^{11}$ N/m²[W 18], densidad 2700 kg/m^3 [W 20]), también tiene un módulo de elasticidad mayor (2.1×10^{11} N/m²)(Calvo Rodríguez,2010)

Algunos fabricantes integran la carrocería y el chasis en un solo conjunto unificado todas las partes metálicas que componen la estructura de la carrocería y los soportes para resistir los esfuerzos de frenado, la suspensión y del movimiento mismo del vehículo , están soldadas a este conjunto, por tanto resulta una carrocería y bastidor integrados de construcción de acero totalmente soldada (Plata Contreras, 2016).

Aceros estructurales

Son aquellos aceros que se emplean para diversas partes de máquinas, tales como engranajes, ejes y palancas. Además, se utilizan en las estructuras de edificios, construcción de chasis de automóviles, puentes, barcos y semejantes. El contenido de la aleación varía desde 0,25 a un 6% (Yasig, Omar, Eugenio, & Eduardo, 2014).

El material del chasis tiene sus propias particularidades dependiendo de cada casa constructora y bajo control y cumplimiento de las normativas de cada país.

Nosotros al ser compradores de tecnología adoptamos las tendencias de los países desarrollados.

Los chasis de carga utilizados en nuestra ciudad son normalmente de Acero Estructural ASTM 36 el cual posee las siguientes características. ("Manual de Constructores de Carrocerías para buses de trabajo pesado," 2004).

Los parámetros generales del acero ASTM, A-36 que se indica lo siguiente:

ϵ = Deformación unitaria del acero

f = Esfuerzo del acero.

E = Módulo de elasticidad.

f_y = Esfuerzo de fluencia del acero

f_u = Máximo esfuerzo del acero.

ϵ_{sh} = Deformación unitaria en comienzo de zona de endurecimiento

ϵ_u = Deformación unitaria.

$f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

$f_u = 4080 \text{ kg/cm}^2$

$\epsilon_r = 20\%$

Del código AISC 360 se puede obtener el módulo de elasticidad:

$E = 2043000 \text{ kg/cm}^2$

Entonces, $\epsilon_y = f_y / E = 0.0012 = 0.12\%$

Chevrolet utiliza en la mayoría de sus modelos un acero SAPH440, este posee las siguientes características indicadas en la Tabla 2.

Tabla 2

Aceros SAPH 440 Características

PROPIEDADES	
Punto de fluencia	2000 Kg/cm ²
Resistencia min a tensión	3800-4200 Kg/cm ²
Resistencia a la tensión	4000-5500 kg/cm ²
Módulo de Elasticidad	2.500000 Kg/cm ²

Fuente: "Manual de Constructores de Carrocerías para buses de trabajo pesado," 2004

Aceros estructurales de alta resistencia y baja aleación

Este tipo de aceros se clasifican en:

De acuerdo con la norma ASME ASTM A 572/A 572M, según esta especificación comprende cinco grados de alta-resistencia y baja aleación para secciones de acero estructural, placas (laminas), tablestacas (laminas para muros de contención), y barras.

Usos

Los Grados 42 [290], 50 [345] y 55 [380] son destinados para estructuras remachadas, atornilladas, o en estructuras soldadas.

Los Grados 60 [415] y 65 [450] están destinados para construcción de puentes remachados o atornillados, o para construcción de otras aplicaciones donde sean remachados, atornillados, soldados.

Tabla 3

Composición química del acero A572

Elemento	Grado 42 [290]	Grado 50 [345]	Grado 60 [415]	Grado 65 [450] thick>1/2 in.	Grado 65 [450] thick<=1/2 in.
Carbono, max	0.21	0.23	0.26	0.23	0.26
Manganeso, max	1.35	1.35	1.35	1.65	1.35
Fósforo, max	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Azufre, max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Silicio					
Placas hasta 1-1/2 in. espesor	0.4	0.4	0.4	N/A	N/A
Placas sobre 1-1/2 in. espesor	0.15-0.40	0.15-0.40	0.15-0.40	N/A	N/A

Fuente: <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a-572>

Tabla 4

Propiedades Mecánicas del acero A572

	Grado 42 [290]	Grado 50 [345]	Grado 60 [415]	Grado 65 [450]
Resistencia a la tracción:	60,000 psi [415 MPa]	65,000 psi [450 MPa]	75,000 psi [520 MPa]	80,000 psi [550 MPa]
Min. Punto de fluencia:	42,000psi [290 MPa]	50,000psi [345 MPa]	60,000psi [415 MPa]	65,000psi [450 MPa]
Elongación en 8":	20% min	18% min	16% min	15% min
Elongación en 2":	24% min	21% min	18% min	17% min

Fuente: <http://www.spanish.phione.co.uk/products/general-structure-and-welding-steel/astm-structural-steel/astm-a-572>

Diseño de los bastidores auxiliares para camiones industriales

Las fuerzas y movimientos que actúan sobre el bastidor y la estructura son fuerzas estáticas y dinámicas.

Fuerzas estáticas en el chasis principal

Este tipo de fuerzas se aplican con cargas distribuidas a lo largo de los largueros del bastidor del vehículo, estas actúan cuando está parado también es distribuir la carga por el bastidor del chasis mediante un bastidor auxiliar.

Con cargas bajas y buenas condiciones de conducción se puede sustituir el bastidor inicial por escuadras de fijación para su placa respectiva en la (Fig.8), se indica el diagrama de fuerzas.

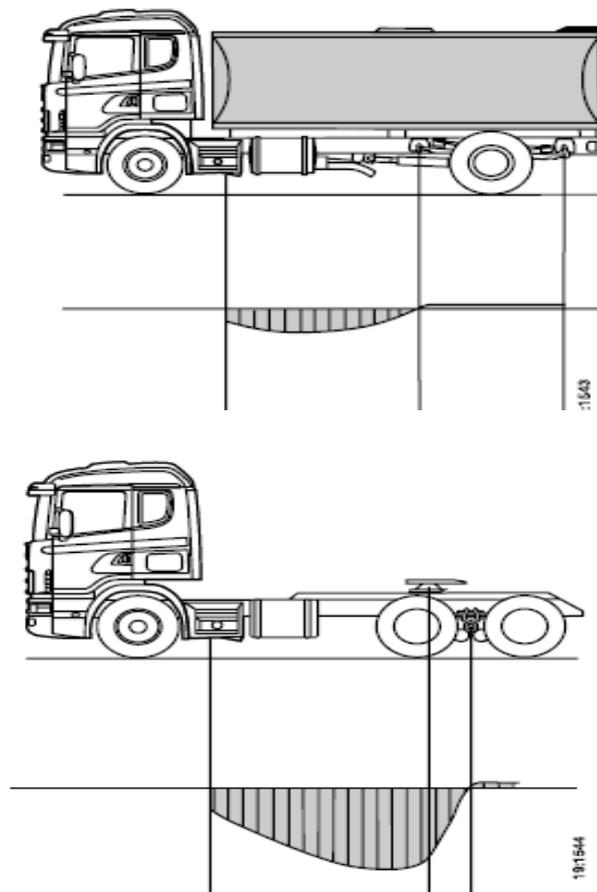


Figura 8: Diagramas de fuerzas estáticas cuando el vehículo está cargado y sin carga

Fuerzas dinámicas en el bastidor del camión

Este tipo de fuerzas actúan durante la conducción son causadas principalmente debido a los golpes procedentes al movimiento del vehículo por ejemplo los baches y curvas de las carreteras, la magnitud de las fuerzas y el efecto de la resistencia depende del factor de la velocidad de conducción el estado del piso de la carretera, gran parte depende de la elección del chasis y la configuración de la superestructura.

En conexión con las fuerzas dinámicas la resistencia a la fatiga tiene una gran importancia, el cálculo y la estimación de estas fuerzas están vinculados con las condiciones en cuanto sea un caso especial del chasis del vehículo. En la (Fig.9) se observa los factores que producen las fuerzas dinámicas.



Figura 9: Factores que producen las cargas dinámicas en el vehículo

Fuente: www.centro-zaragoza.com N.º 47 - Enero / marzo 2011

Un camión de carga puede disminuir o incrementar su velocidad o cambiar a lo largo de dirección curvilínea, estos eventos causados entre el camión y la plataforma determinado por la (Ec. 1), (Shigley, Edward. 2004)

$$F_r = C * W \quad (1)$$

Dónde:

C = Aceleración del vehículo

$$C = \frac{4}{3} \left(\frac{V^2}{Rg} \right)$$

V = Velocidad en (m/s)

R_g = Radio de curvatura de la línea de tráfico (m)

F_r =Fuerza aplicada en el centro de masa supuesto a una distancia de 1.8m de la superficie de la plataforma (Newton).

W = Peso del camión (Newton).

Fuerzas laterales en el chasis

En este tipo de vehículos se encuentran sometidos también con fuerzas laterales las cuales dependen del tipo de marca, longitud del chasis entre ejes, que tienen los largueros del chasis en voladizo por ejemplo que se encuentran con un remolque acoplado, en la (Fig.10) se indica las posibles fuerzas laterales que actúan al tomar una curva sobre una carretera.

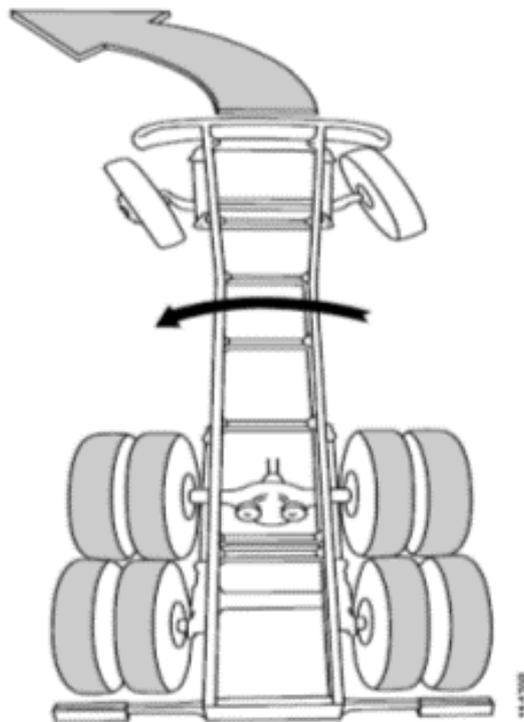


Figura 10: Fuerzas laterales al tomar una curva

Fuente: www.centro-zaragoza.com N.º 47 - Enero / marzo 2011

Los vehículos con distancias largas entre ejes deben tener rigidez lateral y esto depende mucho de la superestructura de construcción, además se deben colocar travesaños para que impidan los desplazamientos paralelos entre el chasis y los largueros del bastidor, las fuerzas laterales son más fuertes en los camiones de dos o tres pares de ruedas estos se ubican o se indican en las curvas pronunciadas en carreteras asfaltadas.

Fuerzas de torsión en el chasis

Este tipo de fuerzas se produce en las carreteras con baches sobre todo cuando son de mucho pronunciamiento, el bastidor en la parte frontal tiene poca resistencia a la torsión mientras en la parte frontal tiene resistencia a la torsión mientras en la parte de los largueros tiene rigidez torsional en la (Fig.11), se muestra la torsión del bastidor.

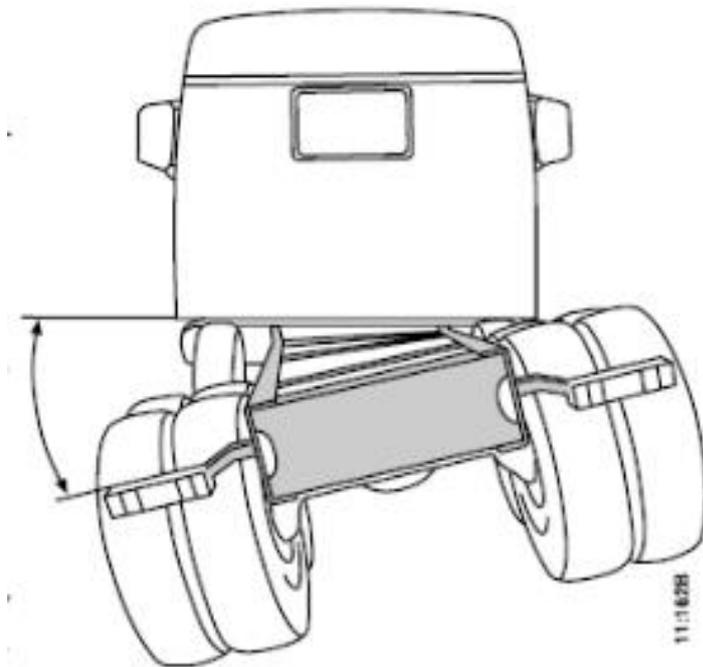


Figura 11: Torsión del bastidor.

Fuente: www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.11

También los componentes pesados como los tanques de combustible, los compresores que se fijan en los bastidores producen grandes fuerzas de torsión es por esto que se necesitan colocar travesaños extras.

Distribución de esfuerzos en los largueros del bastidor.

En la (Fig.12) se indica la distribución en la flexión vertical.

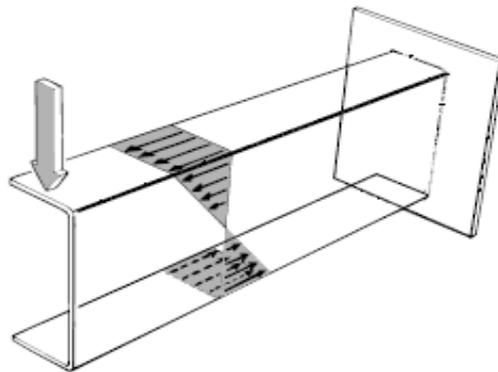


Figura 12: Distribución de esfuerzos en la flexión vertical

Fuente: www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.12

Todas las fuerzas que actúan sobre el chasis producen esfuerzos de tracción y de compresión en los largueros, también en la figura anterior se muestra las flechas que indican la dirección y magnitud de la flexión, este larguero se ve cómo se encuentra sometido a esfuerzos de tracción y también la compresión. En la siguiente (Fig.13) se indica los esfuerzos en la flexión horizontal.

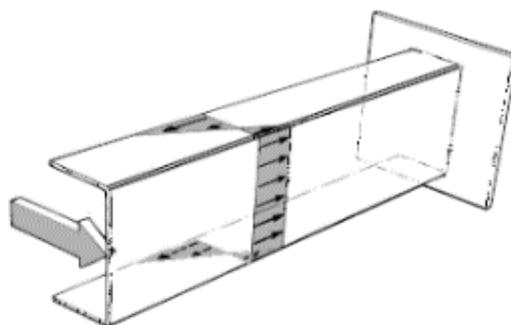


Figura 13: Distribución de esfuerzos en la flexión horizontal

Fuente; www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.12

Para la comprobación por resistencia de la sección de la estructura portante que conformado tanto el auto bastidor y el sobre bastidor auxiliar, será necesario conocer su módulo resistente respecto al eje $x-x$ neutro de la sección que es el eje de flexión del perfil.

Este tipo de fuerzas se encuentran en el borde libre del ala y van reduciéndose a cero en su plano de simetría respectivo, mientras que en el lado más cercano del larguero se ve sometido a esfuerzos de compresión. (Plata Contreras, 2016)

En todos los largueros de los chasis están soportados al mismo tiempo sobre las flexiones horizontales y verticales más los esfuerzos combinados y en los largueros de los chasis que están sometidos a la torsión.

Los esfuerzos que se encuentran en el borde de las alas del perfil del bastidor soportan las mayores cargas por lo que esta parte es muy sensible para los daños como pueden ser las grietas y escorias después de la soldadura, para la fijación de las superestructuras y componentes en el bastidor del chasis se recomienda utilizar uniones roscadas en el alma de los largueros como se indica en la (Fig.14)

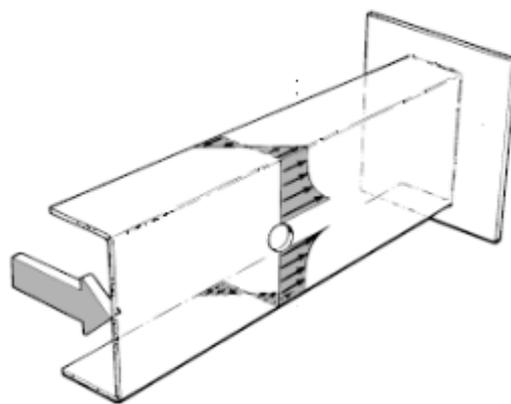


Figura 14: Flexión horizontal de un larguero

Fuente; www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.13

Diseño con el Método de Elementos Finitos.

El método de elementos finitos (MEF) es el modelado de productos y sistemas en un entorno virtual, con el propósito de encontrar y resolver problemas estructurales o de desempeño potencial, esta aplicación es utilizado por ingenieros y científicos El software FEA puede ser utilizado en una amplia gama de industrias, pero las más comunes son en las industrias aeronáutica, biomecánica y automotriz.

Un modelo de elementos finitos (FE) comprende un sistema de puntos, llamados "nodos", que forma el diseño, conectados a estos nodos están los elementos finitos ellos mismos que forman la malla contienen las propiedades materiales y estructurales del modelo, definiendo cómo reaccionará a ciertas condiciones. La densidad de la malla puede variar en todo el material, dependiendo del cambio anticipado en los niveles de un área en particular. Las regiones que experimentan altos cambios usualmente requieren una mayor densidad de malla que aquellas que experimentan poca o ninguna variación. Los puntos de interés pueden incluir puntos de fractura de material previamente probado, filetes, esquinas, detalles complejos y áreas.

Los modelos FE pueden crearse utilizando elementos unidimensionales (haz 1D), bidimensionales (cáscara 2D) o tridimensionales (sólidos 3D). Mediante el uso de haces y conchas en lugar de elementos sólidos, se puede crear un modelo representativo utilizando menos nodos sin comprometer la precisión. Cada esquema de modelado requiere un rango diferente de propiedades a definir, tales como:

- Zonas de la sección
- Momentos de inercia
- Constante de torsión
- Espesor de la placa
- Rigidez a la flexión

- Cizalladura transversal

La simulación numérica de cualquier material requiere del conocimiento de sus propiedades. En el caso de las uniones tradicionales, el coeficiente de rozamiento del material es fundamental en el comportamiento de la misma y habitualmente su valor es tomado de bibliografía de referencia. Una vez realizados los ensayos experimentales se modeliza la unión empleando el software comercial de CAD y análisis numérico a través de la generación de un modelo en 3D y definiendo la ortotropía del material en su fase de comportamiento elástica (Soilán, Arriaga, Baño, Crespo, & Guaita, 2011).

El concepto básico de este método es el de dividir el continuo en un número finito de elementos (de allí su nombre), es decir discretizar el continuo y resolver sobre cada uno de los elementos las ecuaciones del sistema para después ensamblar la solución total.(Gerrero, Valderrabano Salazar, Campos, & Isasi Larrea, 1999).

Para el diseño del bastidor auxiliar se utilizará la aplicación que concierne el campo de las vibraciones. El estudio de las vibraciones se refiere a los movimientos oscilatorios de los cuerpos y a las fuerzas asociadas a ellos. Dicho estudio es muy importante dentro del diseño mecánico.

Todos los elementos que poseen masa y elasticidad son capaces de vibrar en la mayoría de las máquinas y estructuras experimentan vibración hasta cierto grado y su diseño requiere de consideraciones de su conducta oscilatoria los elementos estructurales de suma importancia que forman parte de estructuras se encuentran sujetas a fuentes de vibración externa, que se produce por motores, compresores, etc.

Para construir un modelo numérico se define un número finito de puntos, los cuales podrán estar unidos después por líneas para formar superficies y sólidos y de esta manera la geometría a estudiar. Estos puntos son llamados nodos, éstos se encuentran en

las fronteras de los elementos que se genera por la discretización del continuo, además son los responsables de mantener la continuidad al mantener unidos a los elementos. El sistema es ahora un conjunto de elementos unidos mediante nodos. Ahora bien, las ecuaciones aritméticas que reemplazan a las ecuaciones diferenciales que gobiernen al sistema objeto de estudio, se conocen como ecuaciones de discretización.

Para llegar a ellas se utilizan diversas técnicas matemáticas, las más comunes son: aproximación directa, método variacional, método de residuos ponderados, series de Taylor y balance de energía, estos métodos han sido discutidos extensamente en otro documento para obtener la solución de un problema mediante el método de elemento finito se siguen los pasos genéricos: generación de la geometría, discretización del sistema, selección del tipo de elemento, asignación de las propiedades del material o materiales, definición de cargas y condiciones frontera, y solución del conjunto de ecuaciones. En la siguiente sección se explica cómo se construyó tanto el modelo numérico como el experimental. (Gerrero et al, 1999).

La forma general de este tipo de elemento que permite rigidizar las fronteras de los elementos se especifica en la ecuación (Ec. 2): (Gerrero et al, 1999).

$$U = C_1 U_1 + C_2 U_2 + C_3 U_3 \dots C_n U_n + C_0 \quad (2)$$

Siendo U_n el grado de libertad de los nodos independientes, C_n las constantes, C_0 el término independiente y U el grado de libertad que tendrá el nodo dependiente. Se puede establecer cualquier relación matemática entre los grados de libertad de cualquier número de nodos independientes para obtener unos grados de libertad determinados que nos interese conseguir en los nodos dependientes. (Colomina, Masiá, Esquerdo, & Dols).

Diseño de mediante Esfuerzos Teoría de la falla

La energía de distorsión máxima por Von Mises, establece la resistencia estática, aplicado a materiales dúctiles aplicados en el punto analizado siempre que la energía de distorsión por unidad de volumen no supere la energía de distorsión por unidad de volumen que se da en el momento de la fluencia en el ensayo de tracción. El razonamiento de resistencia se describe algebraicamente como:

$$\sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)} < S_Y \quad (3)$$

Donde $S_Y > 0$ es el límite de fluencia a tracción se obtiene.

$$n_s = \frac{S_Y}{\sqrt{\frac{1}{2}((\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2)}} \quad (4)$$

Factor de seguridad de resistencia (n_s)

El coeficiente de seguridad o factor de seguridad es un índice determinado por el diseño desde el punto de vista de su resistencia mecánica. (Shigley, Edward. 2004).

La forma más indicada para definir el valor de factor de un diseño mecánico son las siguientes:

- Como cociente entre la resistencia del material (S) y la tensión realmente existente (σ):

$$n_s = \frac{S}{\sigma} \quad (5)$$

- Como cociente entre la fuerza última o máxima para un funcionamiento correcto (F_u) y la fuerza realmente existente (F).

$$n_s = \frac{F_u}{F} \quad (6)$$

$n_s \geq 1$ condición estable

$n_s \leq 1$ condición inestable estable

Mallado de la estructura

Debido a que se trata de modelos en tres dimensiones es natural utilizar elementos sólidos. Los elementos sólidos tienen el beneficio de eliminar muchas suposiciones encontradas en otro tipo de elementos. A diferencia de los elementos tipo Shell (2D) y los elementos unidimensionales (1D Beam) con 6 grados de libertad; 3 de traslación y 3 de rotación, los elementos sólidos cuentan sólo con 3 grados de libertad (de traslación) en cada nodo, en las siguientes (Fig.15) se indica los tipos de mallado que se utilizan para la aplicación de los diferentes mallados utilizados para el diseño mecánico (Colomina, Masiá et al 2010).

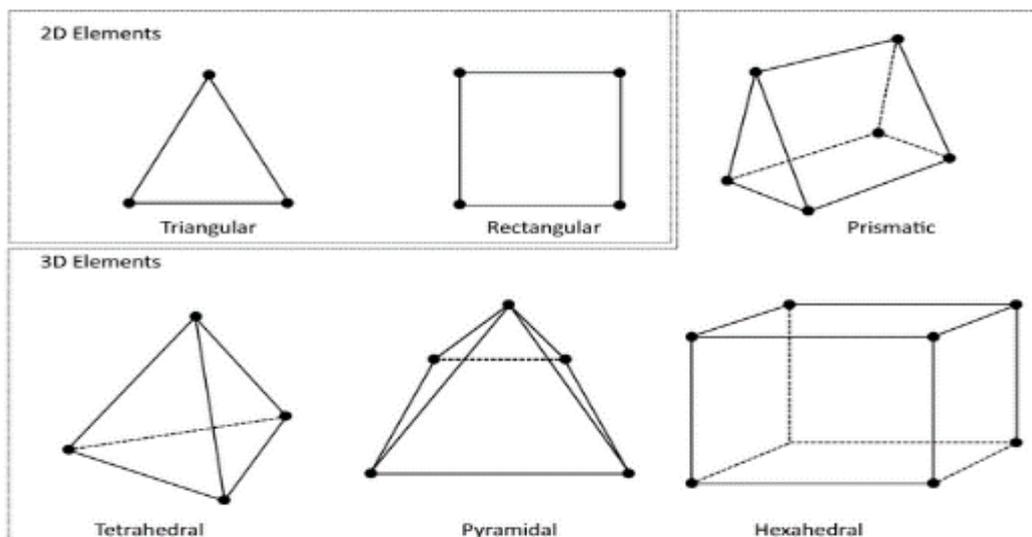


Figura 15: Tipos de mallado en 2D y 3D
Fuente: (Colomina, Masiá et al 2010)

En la (Fig.16) se observa el dominio de diseño mallado con los elementos finitos tipo tetra. Se muestra un detalle alrededor de un orificio y en una zona alejada de éste.

Altair Engineering, Inc. (2011). Practical Aspects of Finite Element Simulation A student guide.

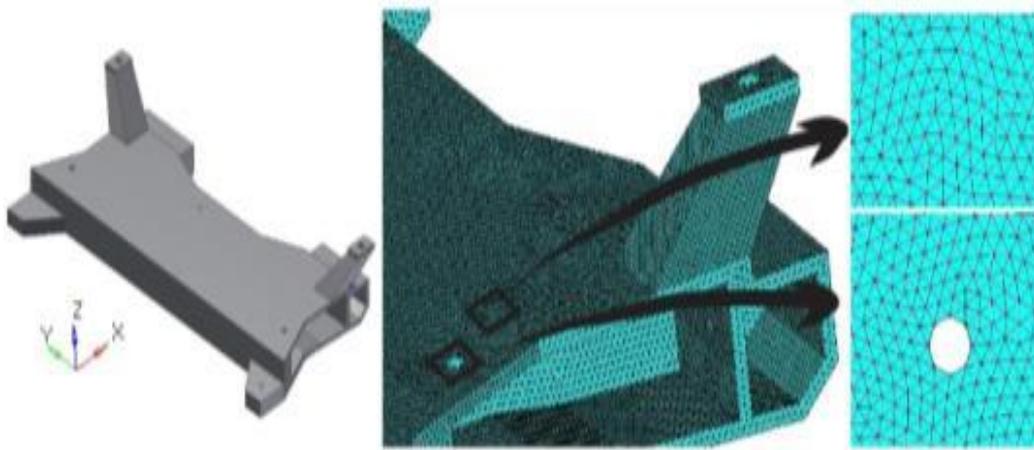


Figura 16: Mallado de modelo en una estructura.

Fuente: (Colomina, Masiá et al 2010)

Análisis de esfuerzos del perfil tipo “Z”

Según el manual Body Mounting Manual SERIE HINO 300 establece lo siguiente:

- 1.- La carga útil debe distribuirse uniformemente en toda la longitud del bastidor como se indica en la siguiente (Fig. 17).

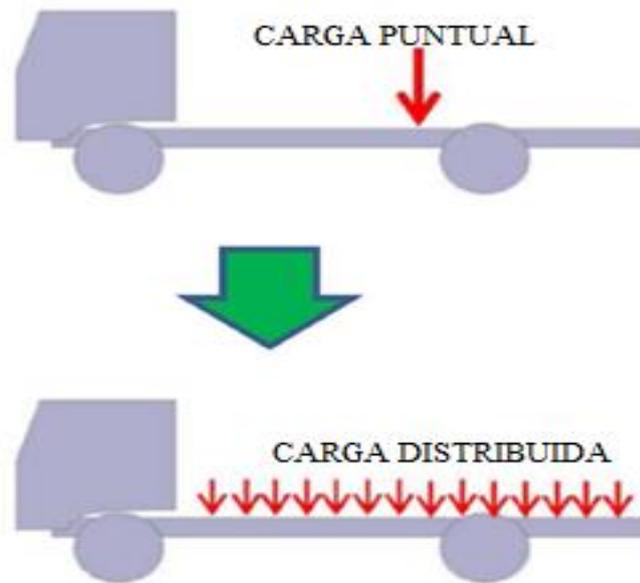


Figura 17. Tipo de cargas utilizadas sobre los largueros del chasis

Fuente: www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.15

- 2.- Sub-bastidor debe ser de una sola pieza, el material es de acero ASTM (American Society for Testing and Materials) A-36

El módulo resistente a flexión de la sección total de uno de los largueros reforzados, viene dada por la siguiente expresión fuente (Shigley, Edward. 2004)

$$W_X = \frac{I_{XX}}{Y_{max}} \quad (7)$$

Dónde:

I_{xx} es el momento de inercia del perfil de un larguero del bastidor reforzado respecto al eje x-x neutro de la sección. (cm⁴)

$Y_{máx}$ es la distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma. (cm)

Para el análisis de los esfuerzos que actúan sobre la estructura portante del vehículo, es necesario conocer cómo la distribución del peso de la caja de carga más la

carga útil transportada sobre cada eje del vehículo como se indica en la (Fig.18) fuente (Shigley, Edward. 2004).

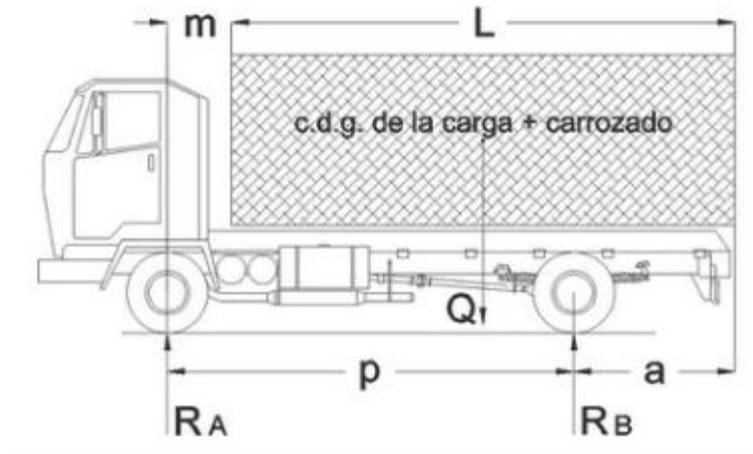


Fig. 18: Distribución de esfuerzos en la flexión horizontal.

Fuente; www.scania.com /Instrucciones generales para el carrozado /2005/Pag.15

La carga útil transportada sobre cada eje del vehículo se obtiene la siguiente expresión.

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (8)$$

Siendo:

Q = Peso total (kg).

Q_1 = Peso de la carrocería formado por la caja de carga (kg).

Q_2 = Peso máximo de la mercancía que puede transportar el camión o carga total (kg).

Para vehículos en posición de marcha y con carga uniformemente repartida sobre la caja de carga, el cálculo de las reacciones sobre los ejes del vehículo, delanteros (R_A) y trasero (R_B), viene dado por las siguientes ecuaciones fuente (Shigley, Edward. 2004):

$$R_A = \frac{Q * (\frac{L}{2} - a)}{p} \quad (9)$$

$$R_B = \frac{Q * (\frac{L}{2} + m)}{p} \quad (10)$$

Dónde:

L = Longitud de la caja de carga, en (mm).

a = Es el voladizo posterior de la caja de carga, en (mm).

p = Distancia entre ejes del vehículo, en (mm).

m = Distancia desde el eje delantero al comienzo de la caja de carga, en (mm).

Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

El cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores se lo realiza en toda la longitud de los bastidores con una carga máxima (Q) de 6000 kg distribuidos en los dos chasis del camión, en la (Fig. 19) se indica diagrama de cuerpo libre entre las cargas distribuidas sobre los bastidores.

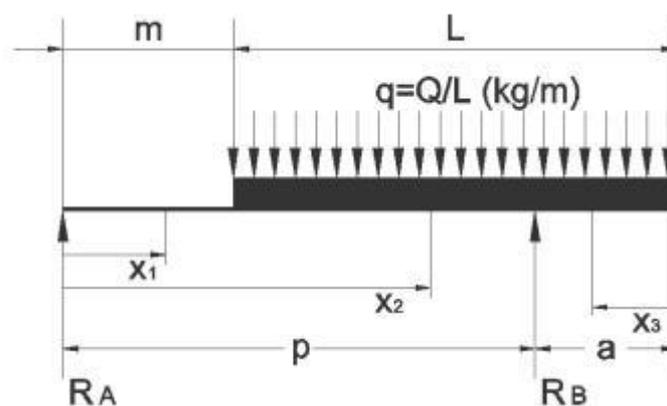


Fig. 19: Diagrama de cuerpo libre de la carga distribuida sobre los bastidores del camión.

Fuente; Tutorial de Ingemeccánica

Dónde:

X_1 = Distancia desde el eje delantero al comienzo de la caja de carga.

X_2 = Tramo de bastidor desde el comienzo de la caja de carga hasta el punto del bastidor donde se sitúa el eje trasero del vehículo.

X_3 = Es la distancia final del bastidor desde el eje trasero del vehículo hasta el extremo posterior de la caja de carga.

q = Carga distribuida.

Para el cálculo los de esfuerzos cortantes y de momentos flectores a lo largo de la estructura portante que conforma el bastidor del vehículo se realiza estableciendo ecuaciones de equilibrio.

Para la selección del perfil aplicaremos el método de carga y resistencia LRFD (Load and Resistance Factor Design) además su fabricación será mediante el proceso de laminado en frío donde la resistencia de diseño de cada componente estructural debe ser igual o mayor a la resistencia requerida fuente (Vinnakota, 2006) esto es:

$$R_U \leq \phi R_n \quad (11)$$

Dónde:

R_u = Resistencia requerida

ϕ = Factor de reducción de resistencia

R_n = Resistencia nominal

Desarrollo

Método

Se aplicará el método deductivo que parte de una premisa general para concluir sobre un caso particular, en este caso es rediseñar un perfil tipo “Z” teniendo en cuenta que existen bastidores auxiliares de secciones tipo “C”, “I”, “G” para cumplir con el objetivo de garantizar una distribución uniforme de las cargas sobre el bastidor original del vehículo y avalar una unión perfecta entre el bastidor del vehículo y la carrocería prevista.

La investigación a efectuarse será descriptiva en la que se procederá al estudio del diseño a flexión y a compresión de un perfil conformado en frío para uso de bastidor auxiliar sobre el chasis de los camiones HINO serie 300, la empresa SIDEC S.A. que auspicia este proyecto para su fabricación solicita que el perfil tenga una geometría tipo “Z” por la facilidad de construcción, ahorro de material y adaptabilidad de montaje al bastidor principal del camión, también solicita que se valide el diseño empleando materiales que la compañía importa anualmente estos son los aceros estructurales ASTM A572 GR-50 y el ASTM A572 GR-65. Para su validación respectiva se analizará y comparará los resultados obtenidos utilizando los siguientes métodos.

MEF (Método de Elementos Finitos) Aplicada con la teoría de la energía de distorsión, que es usada en el caso de rediseño de piezas o cuando se investiga el origen de la falla real de un elemento mecánico o cuando los márgenes de seguridad son estrechos, es una teoría precisa y segura. (Von Mises, 1950).

LRFD (Load and Resistance factor design) Aplicado para el diseño de estructuras de acero. Este método se basa en la consideración de las cargas muertas que son de magnitud constante que permanecen fijas en un mismo lugar y las cargas vivas que son todas las cargas que estén en movimiento, autos, grúas, personas, etc. Este método por factores de carga y resistencia se basa en los estados límites del material, se considera la resistencia o la condición de falla las cargas de servicio o de trabajo se multiplican por factores de seguridad que son mayores a uno.

Análisis por modelo matemático, Su utilidad radica en ayudar a estudiar cómo se comportan las estructuras complejas frente aquellas situaciones que no se pueden ver con una facilidad en el ámbito real, para ello se aplican herramientas como el álgebra lineal que analiza la representación gráfica de las distintas funciones matemáticas.

(Julián Pérez Porto, 2008)

Modalidad de investigación

La modalidad a utilizar será con una investigación de oficina y de campo la cual se procederá con la recolección de datos, directamente de documentos técnicos como libros, papers científicos, revistas, tesis, manuales, internet y todo lo referente al AISI 2007, y una vez determinado el tipo de perfil se realizará un prototipo en las instalaciones de la empresa

También se utilizara el método experimental lo que permite realizar comparaciones de varios resultados además crea la posibilidad de estudiar exhaustivamente los nexos o relaciones entre determinados aspectos del mismo, en este caso comprobar y concertar los resultados de algunos perfiles que se utilizan para la fabricación de los bastidores auxiliares tanto en el tipo de material, rigidez y resistencia

de los mismos para de esta manera escoger la mejor opción de diseño que soporte una carga máxima de hasta seis toneladas para los camiones HINO de la serie de 300.

El diagrama de procesos a seguir para efectuar y validación del proyecto se indica a continuación en la (Fig. 20) y en la (Fig. 21) se indica el diagrama de proceso para el seguimiento de la presente investigación.

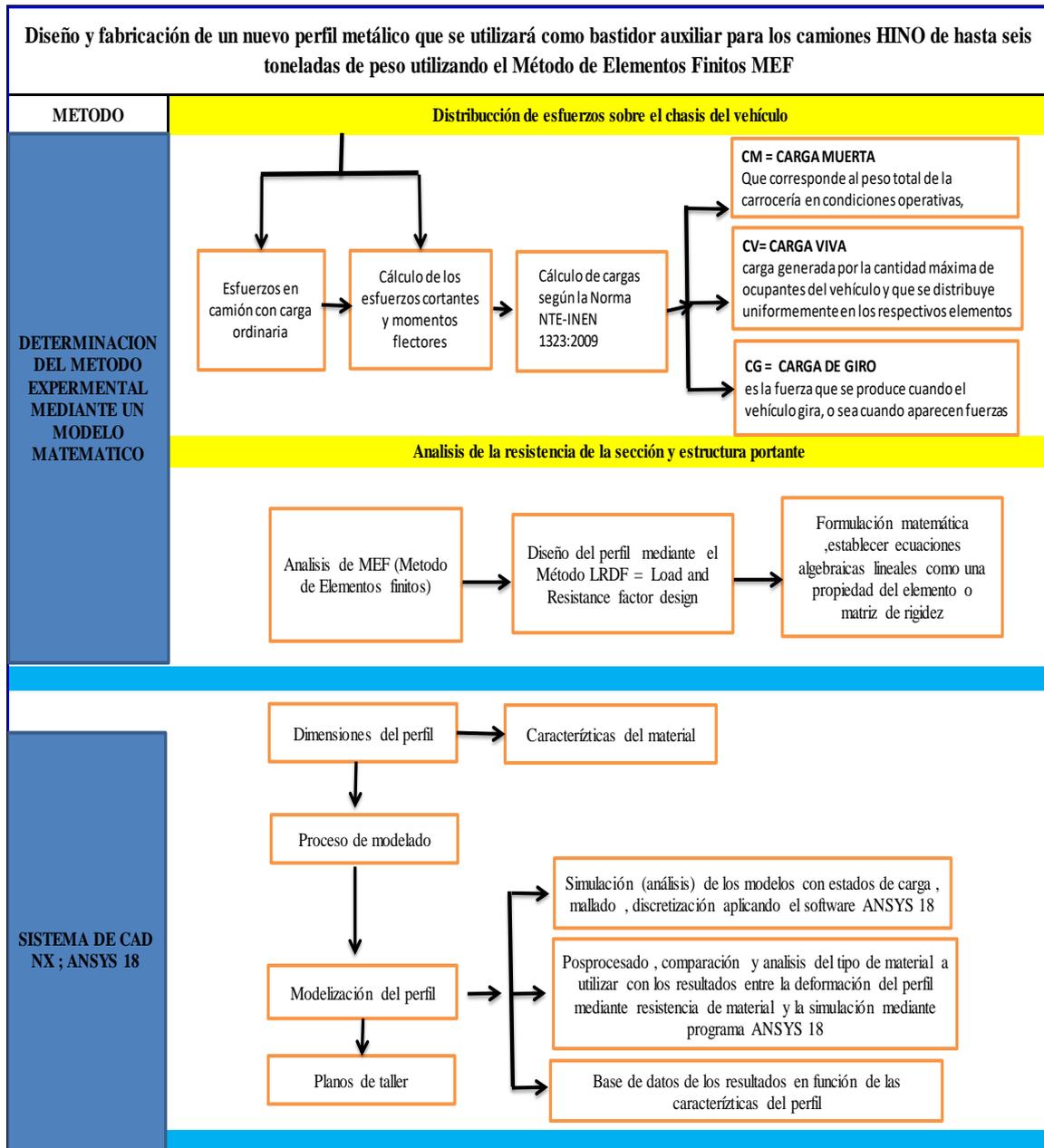


Fig. 20: Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.

Fuente; Autor.

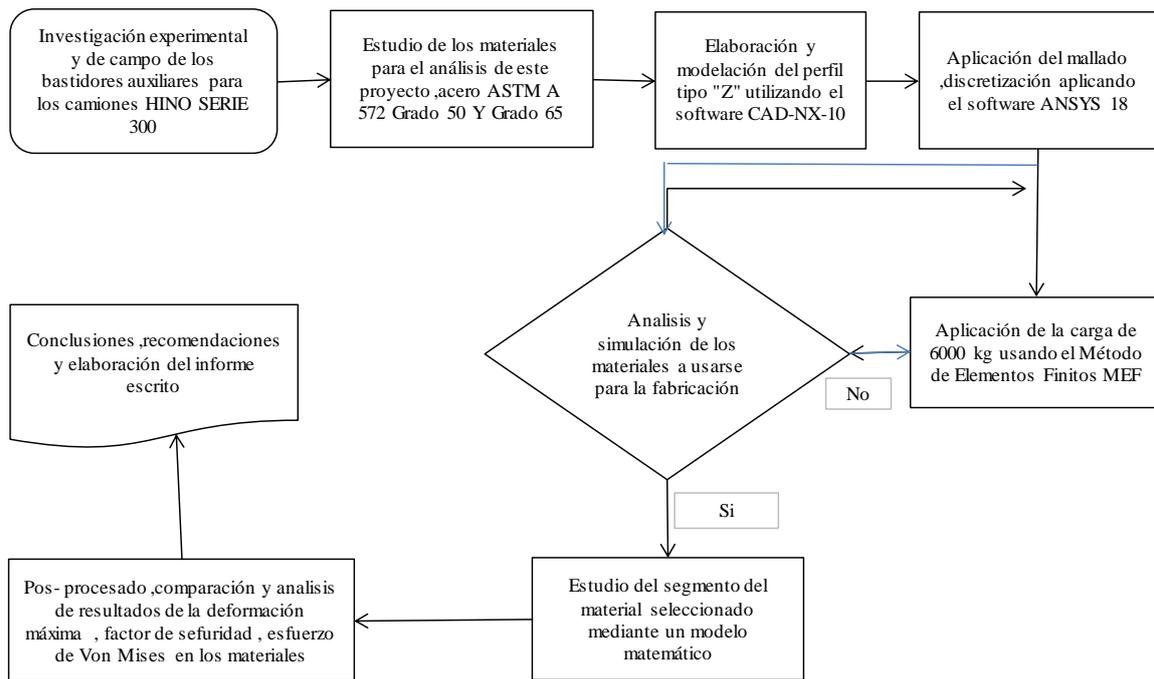


Fig. 21: Diagrama de procesos para efectuar el diseño del proyecto.

Fuente; Autor.

Sistema CAD (Diseño Asistido por computador)

Dimensionamiento del perfil

El perfil a analizar es de tipo “Z” teniendo en cuenta que es sugerido por la empresa SIDEC S.A debido a su facilidad de fabricación, su estabilidad geométrica y conformación con el bastidor principal del camión de la marca HINO de la serie 300 DUTRO 816 que es objeto a ser analizado del proyecto, en la (Figura 16) se muestra el CAD del tipo Z sobre el bastidor principal del camión.

Para el diseño y estudio se analizará con los materiales sugeridos por la compañía SIDEC S.A. que requeridos para su fabricación y estos son los aceros ASTM A 572 grado 50 y ASTM A 572 grado 65 en espesores de 5mm

Los parámetros de dimensión del perfil están de acuerdo al chasis del camión requerido que se indica en el Anexo 1, en la Tabla 5 se indica las dimensiones y modelo de la ubicación del chasis requerido

Tabla 5

Dimensiones generales del camión HINO serie 300

Modelo	Largo total (LAT)	Distancia entre eje (DEE)	Altura total (ALT)	Ancho total (ANT)
XZU720L - HKFQL3-DUTRO 816	6120 mm	3870 mm	2240 mm	1995 mm

Fuente: Manual de los camiones HINO serie 300 (2013)

Modelado del perfil tipo “Z”

Usando el software de simulación ANSYS -8 se modela el siguiente el perfil tipo “Z” requerido y sugerido por la empresa se indica en la (Fig. 22).

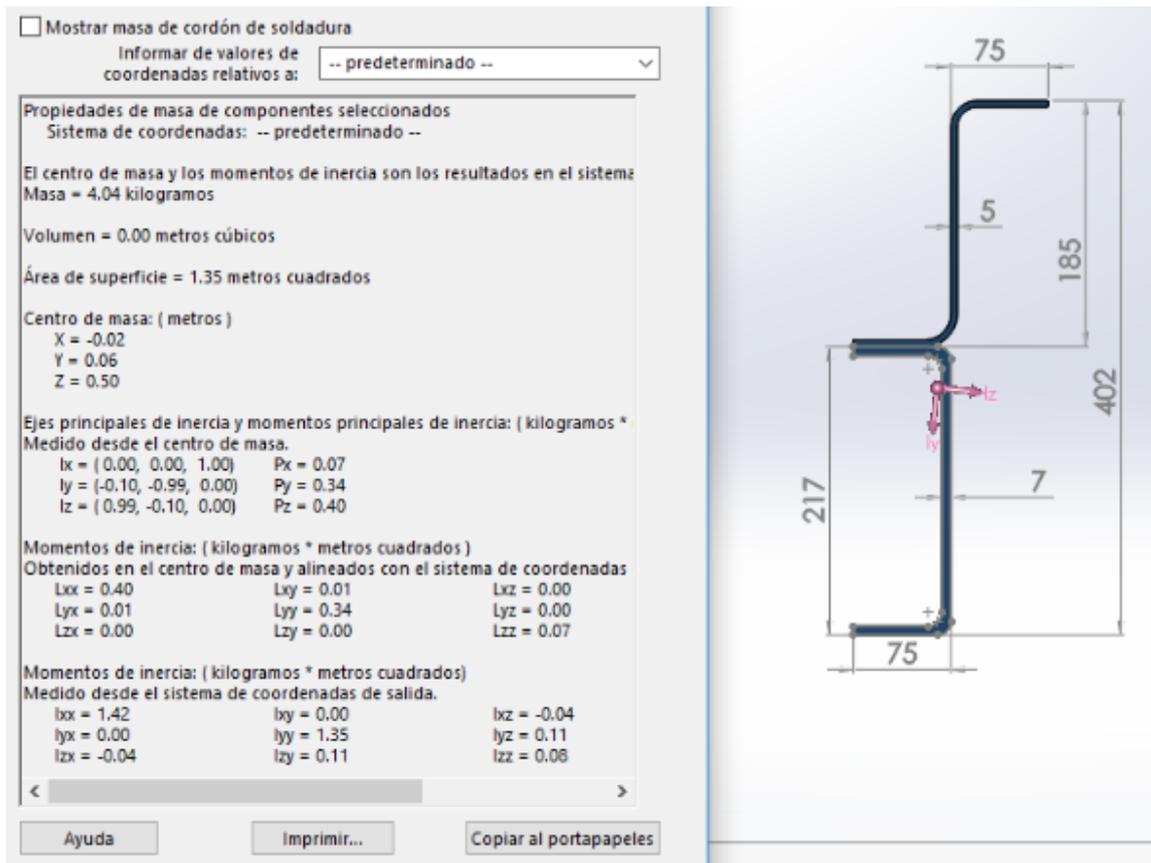


Fig. 22: Modelación del perfil tipo “Z” para uso del bastidor auxiliar.

En la figura 23, se establece la estructura base y las dimensiones para el camión requerido, de acuerdo a las especificaciones, también en la Figura 24, se indica la sección de ubicación de la armadura metálica según el Anexo 2.

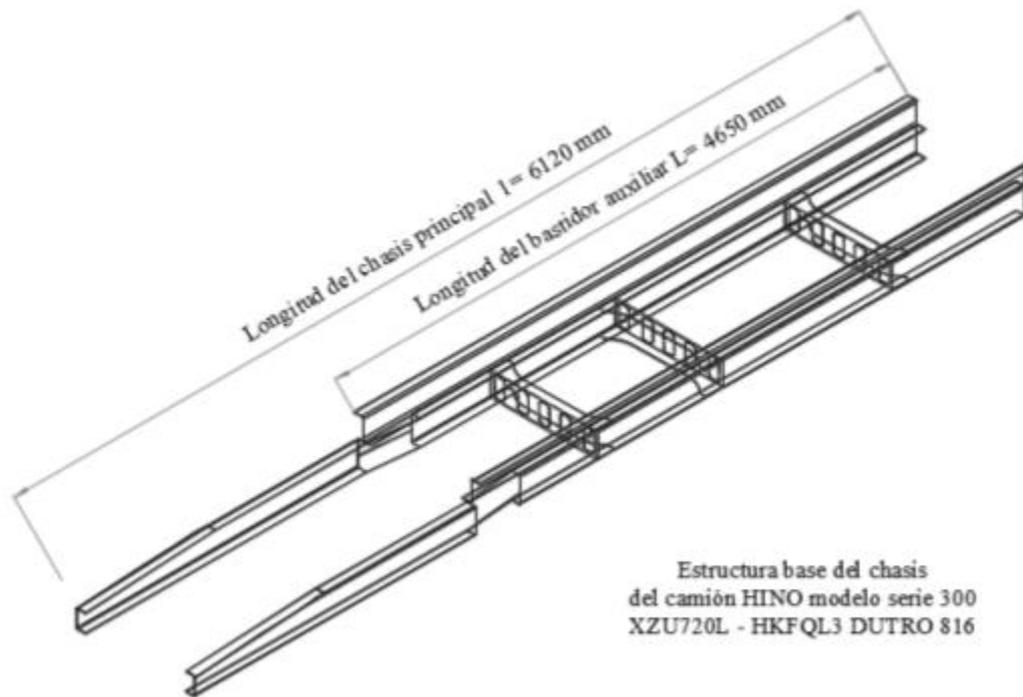


Fig. 23: Modelación de la estructura base del chasis principal con el bastidor auxiliar

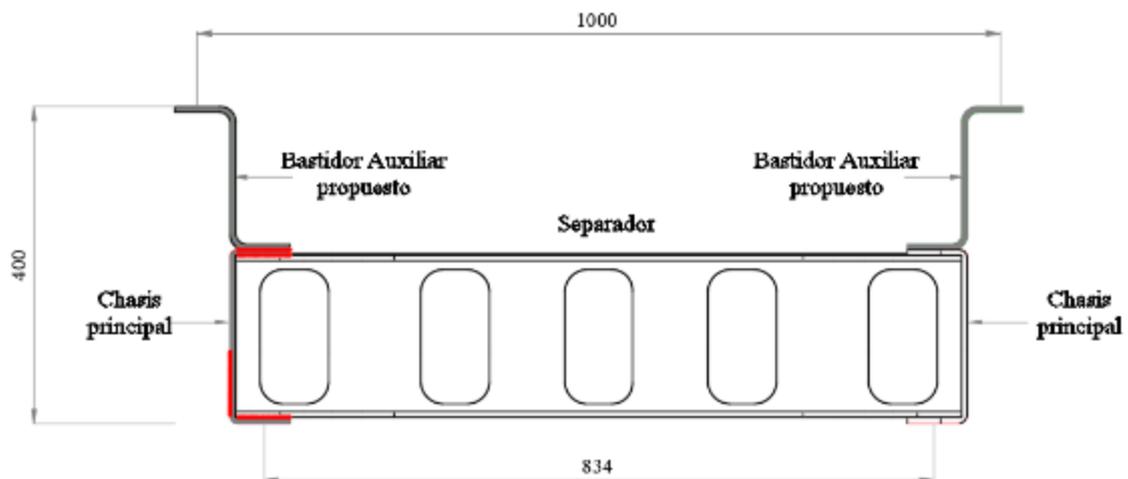


Fig. 24: Sección de la estructura metálica entre el chasis principal con el bastidor auxiliar

Una vez estructurado el modelado de la sección del perfil con el chasis del vehículo previo al estudio de la simulación con el método de elementos finitos (MEF) se realizará el análisis de los esfuerzos cortantes, momentos flectores, factor de seguridad y la deformación de cada uno de los materiales utilizados en este proyecto.

Para este análisis se utilizará el método LRFD (Load and Resistance factor design) que es aplicado para el diseño de estructuras de acero también de usaran las ecuaciones de equilibrio, resistencia de los materiales (Ley de Hooke).

Análisis usando el método L.R.D.F

Caso camión con carga ordinaria distribuida

Antes de analizar este método se necesita determinar los esfuerzos que actúan sobre la estructura portante del camión, es necesario conocer cómo se distribuye el peso de carga más la carga útil transportada sobre cada eje del vehículo. En la figura 25 y 26, se muestra el diagrama de cuerpo libre de las cargas, reacciones y dimensiones que intervienen para este caso del camión con carga distribuida,

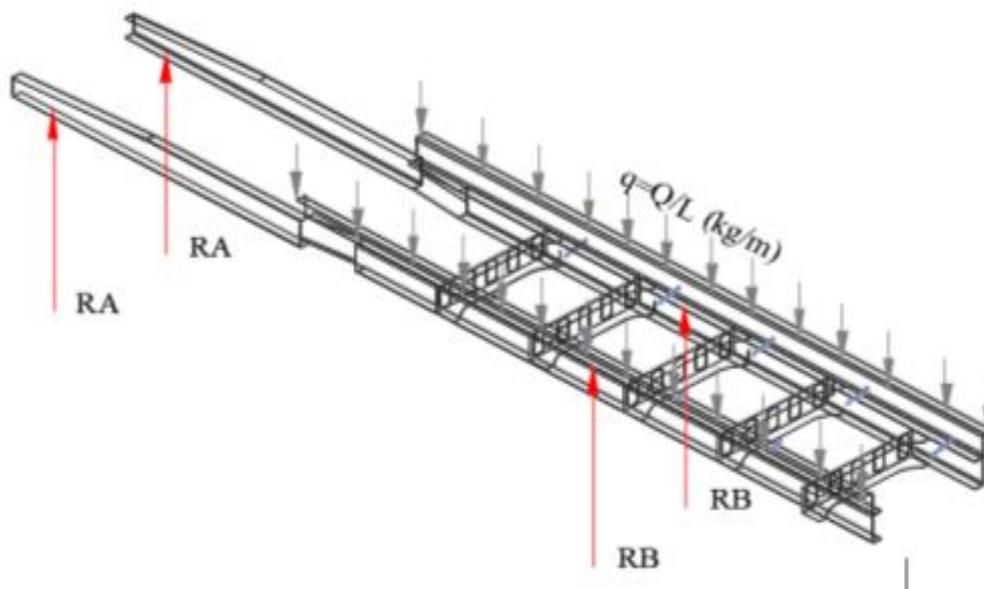


Fig. 25: Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones

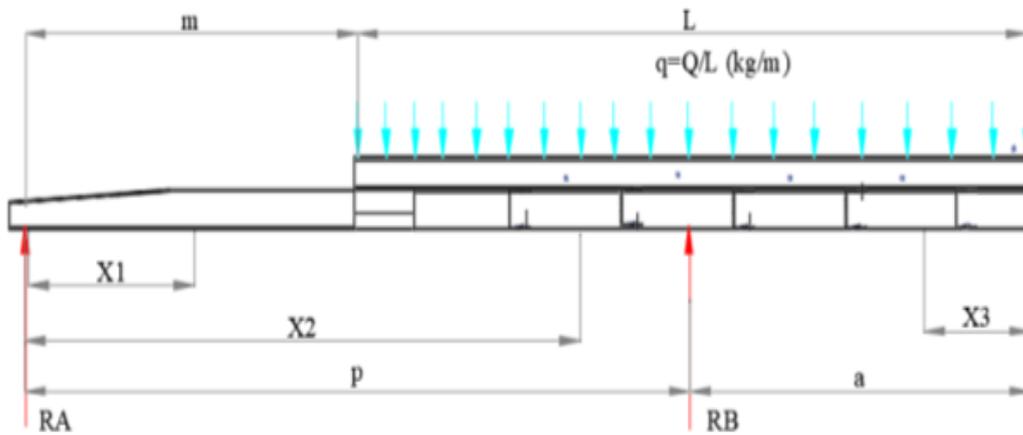


Fig. 26: Diagrama de cuerpo libre de la carga, reacciones, dimensiones

Análisis y cálculos

Los valores dimensionales generados para la aplicación son relacionados de acuerdo a los Anexo 2 y Anexo 3 respectivamente que se indican en la tabla 6.

Tabla 6

Dimensiones generales del camión HINO Serie 300 DUTRO 816

Denominación	Valor
Longitud total del vehículo (mm):	6120
Anchura total del vehículo (mm):	1995
Altura total del vehículo (mm):	2220
Distancia entre ejes (p) (mm):	3430
Longitud de la caja de carga (L) (mm):	4450
Voladizo posterior de la caja de carga (a) (mm):	2690
Distancia del eje delantero al comienzo de la caja de carga (m) (mm):	1670
Ancho de vía eje delantero (mm):	1835
Ancho de vía eje trasero (mm):	1680

La masa máxima admisible (Kg) (MMA) que se aplicará será el resultado de la sumatoria de (Q') es el peso del vehículo en chasis – cabina, (Q) es el peso carrozado de la caja de carga más la carga útil.

$$MMA = Q' + Q \quad (12)$$

En el Anexo 2 se indican los pesos y valores aproximados del camión escogido DUTRO 836 SERI 300 y relacionando con la masa máxima admisible se obtiene lo siguiente:

$$MMA = 8600 \text{ kg}$$

$$Q' = 2485 \text{ kg}$$

De la (Ec.17) despejando Q se tiene

$$Q = 8600kg - 2485kg$$

$$Q = 6115 \text{ kg}$$

De acuerdo a la información del tipo de camión objeto de estudio y cálculo para esta tesis, éste se trata de un vehículo de dos ejes, tipo 4x2 (con la tracción en el eje trasero).

Para vehículos 4x2 en posición de marcha y con carga uniformemente repartida sobre la caja de carga, el cálculo de las reacciones delanteros (RA) y trasero (RB) sobre los ejes del vehículo, indicados en la figura 25, se determinan con las siguientes ecuaciones:

$$R_A = \frac{Q\left(\frac{L}{2}-a\right)}{p} \quad (13)$$

$$R_B = \frac{Q\left(\frac{L}{2}+m\right)}{p} \quad (14)$$

Siendo:

L = longitud de la caja de carga, en mm .

a = voladizo posterior de la caja de carga, en mm .

p = distancia entre ejes del vehículo, en mm .

m = distancia desde el eje delantero al comienzo de la caja de carga, en mm .

Aplicando los valores de la (Tabla 7) en las (Ec.17) y (Ec.18) respectivamente se obtiene:

$$R_A = 659.63 \text{ kg}$$

$$R_B = 2478.09 \text{ kg}$$

Cálculo de los esfuerzos cortantes y momentos flectores

Para este análisis correspondiente se aplicará a lo largo de la estructura portante que conforma entre el chasis del vehículo y el bastidor auxiliar, se establecerá las ecuaciones de equilibrio entre fuerzas (para el cálculo de los esfuerzos cortantes) y momentos (para el cálculo de la distribución de los momentos flectores). En la figura 27, se indica el diagrama del cuerpo libre de las fuerzas actuantes en el vehículo.

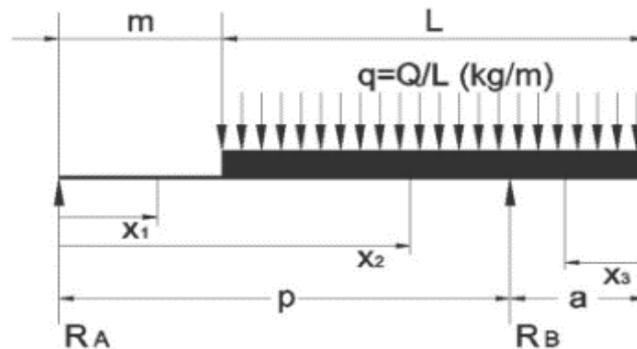
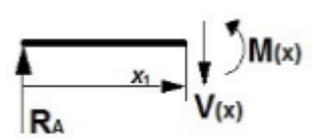


Fig. 27: Diagrama de cuerpo libre donde actúan las fuerzas y reacciones del vehículo

Aplicando las ecuaciones de equilibrio se procede al cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes determinados en los tramos I, II y III y con los valores establecidos indicados respectivamente se obtiene lo siguiente:

Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo I



Siendo:

x_1 = Distancia mínima tramo I (mm)

R_A = Reacción aplicada en el punto A (Kg)

V = Esfuerzo cortante tramo I (Kg)

M = Momento flector (Kg.m)

Para $x_1 = 0$

$$V_{(0)} = R_A = 659.63 \text{ Kg}$$

$$M_{(0)} = 0$$

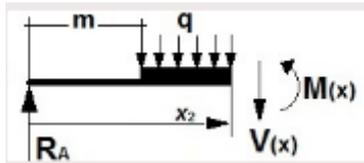
Para $m = 1.67m \geq x_1 > 0$:

$$V_{x_1} = R_A = 659.63 \text{ Kg}$$

$$M_{x_1} = R_A * X_1 \text{ Reemplazando si } X_1 = 1.67\text{m}$$

$$M_{max} = 1101.58\text{m} * \text{kg}$$

Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo II



x_2 = Distancia mínima tramo II (mm)

V = Esfuerzo cortante tramo II (Kg)

M = Momento flector (Kg*m)

Para $p = 3.43\text{m} \geq x_2 > m = 1.68\text{m}$:

$$V_{x_2} = R_A - q * (x_2 - m)$$

$$\text{Reemplazando tenemos } V_{x_2} = 659.63 - 1374.15 * (x_2 - 1.67)$$

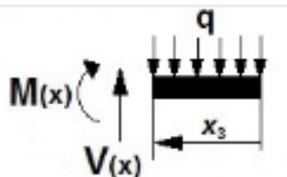
$$\text{Donde } q = Q/L$$

$$q = 6115/4.45$$

$$q = 1374.15 \text{ kg/m}$$

$$m_{x_2} = 1101.58 \text{ m} * \text{kg}$$

Cálculo de los momentos flectores y esfuerzos cortantes del Tramo III



x_3 = Distancia mínima tramo III (mm)

V = Esfuerzo cortante tramo III (Kg)

M = Momento flector (Kg.m)

Dimensiones y distribución de la carga del vehículo

Para $a = 2.69 \text{ m} \geq x_3 > 0$:

$$V_{(x_3)} = q * x_3 = 1374.15 * x_3 \text{ (kg)}$$

$$M_{X_3} = -1374.15 * (2.69)^2$$

$$M_{X_3} = -4971.74 \text{ kg} * \text{m}$$

A continuación, en la figura 28, se visualiza mejor cómo es la distribución de los esfuerzos cortantes y de los momentos flectores sobre el bastidor del vehículo, con objeto de poder apreciar mejor el tramo de bastidor donde se alcanzan los valores máximos:

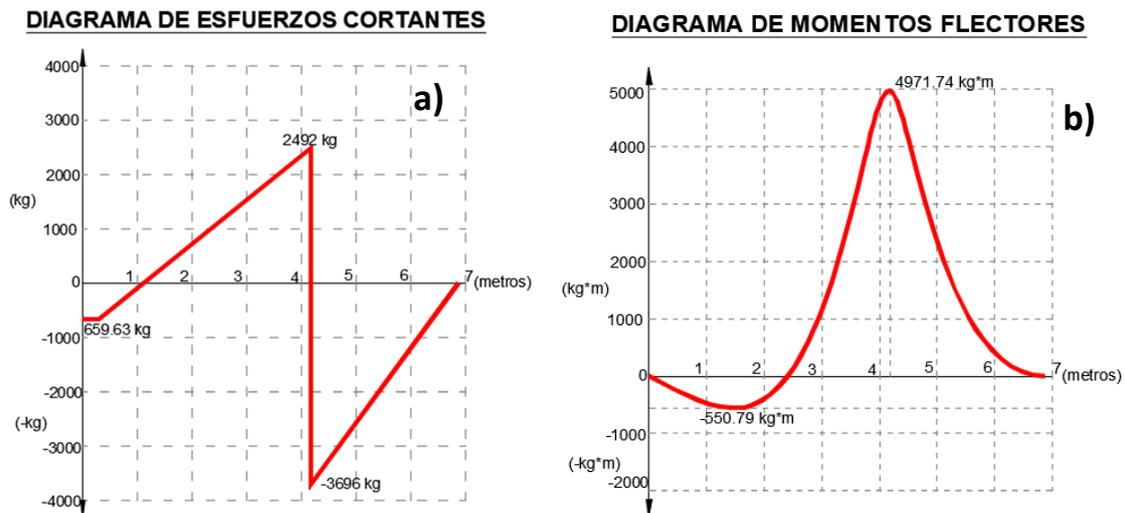


Fig. 28: a) Diagrama de esfuerzos cortantes, b) Diagrama de momentos flectores

En el siguiente resumen se obtiene:

Momento flector máximo (M)

$$M = 4971.74 \text{ kg.m}$$

Esfuerzo cortante máximo (V)

$$V = 3696 \text{ kg}$$

El esfuerzo a flexión que se produce en la sección del bastidor debido al momento flector (M) actuante viene dada por la siguiente ecuación:

$$\sigma_f = \frac{M}{2 \cdot W_x} \quad (13)$$

Para la obtención del módulo de resistente a flexión de la sección de los largueros, y se determina con la siguiente ecuación.

$$W_x = \frac{I_{xx}}{Y_{max}} \quad (14)$$

Dónde:

W_x = Módulo de resistente a flexión (cm^3)

I_{xx} = Momento de inercia de la sección del perfil respecto al eje x de flexión (cm^4)

Y_{max} = Distancia del eje neutro de la sección a la fibra más alejada de la misma (cm)

De acuerdo a la Figura 22 de la modelación de la sección entre el chasis del camión y del bastidor auxiliar se muestra.

$$I_{xx} = 14206.82 \text{ cm}^4$$

$$Y_{max} = 40.2 \text{ cm}$$

Remplazando los valores anteriores en la Ec.20 se obtiene:

$$W_x = \frac{14206.82 \text{ cm}^4}{40.2 \text{ cm}}$$

$$W_x = 353.40 \text{ cm}^3$$

Remplazando en la Ec.19

$$\partial_f = \frac{497174}{2 * 353.40}$$

$$\partial_f = 703.41 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad de resistencia del material

Para el cálculo del factor de seguridad se aplicará la ecuación 15.

$$\frac{\partial}{k} = \frac{k' M}{2W} \quad (15)$$

Dónde:

∂ = Esfuerzo de flexión (kg/cm^2)

M = Momento flector máximo ($\text{cm} * \text{kg}$)

W = Modulo de resistencia a flexión (cm^3)

k' = Factor de resistencia de carga (método LRDF) ver Anexo 3, tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muesca, fractura en la sección neta de miembros a tensión

k = Factor de seguridad

De la Ec.15 despejamos (k) tenemos.

$$k = \frac{\partial * 2 * W}{k' * M}$$

$$k = \frac{703.41 * 2 * 353.40}{0.75(497174)}$$

$$k = 1.33$$

Para el cálculo de la deformación se aplicará la ley de Hooke que establece la siguiente:

$$\epsilon = \frac{M*V}{E*I} \quad (16)$$

Dónde:

ϵ = Deformación unitaria (mm)

M = Momento flector máximo (cm*kg)

V = Esfuerzo cortante máximo (kg)

E = Modulo de elasticidad del material (kg/cm²) ASTM A572 Grado 65

I = Momento de inercia de la sección del perfil (cm⁴)

Remplazando en la Ec.15 se obtiene.

$$\epsilon = \frac{497174 \text{ kg.m} * 3696 \text{ kg}}{4570.05 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 14206.82 \text{ cm}^4}$$

$$\epsilon = 0.398 \text{ cm} \sim 4 \text{ mm}$$

E = Modulo de elasticidad del material (kg/cm²) ASTM A572 Grado 50

$$\epsilon = \frac{497174 \text{ kg.m} * 3696 \text{ kg}}{4500 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 14206.82 \text{ cm}^4}$$

$$\epsilon = 0.28 \text{ mm} \sim 3 \text{ mm}$$

Aplicando la ley de distorsión de Von Mises, que consiste en aplicar cargas en los elementos estructurales y analiza las fallas en algunos de sus puntos, la energía de distorsión se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles, empleando la Ec. 09

$$n_s = \frac{S}{\sigma} \quad (9)$$

Siendo:

(S) la resistencia de fluencia del material aplicado (S_y) psi

(σ) Esfuerzo de Von Mises (σ) psi

Sustituyendo los valores calculados en la ecuación de Von Mises se determina los valores indicados en la Tabla 7, los valores de resistencia de los materiales se indican en la Tabla 6 propiedades mecánicas de los materiales.

Tabla 7

Calculo del factor de seguridad (N_s)

Ítem	Material	Resistencia de fluencia del material (S_y) PSI	Esfuerzo de Von Mises (σ) PSI	Factor de seguridad (N_s)
1	ASTM A572 Grado 50, espesor = 5mm	50000	96825	0.52
2	ASTM A572 Grado 65, espesor = 5mm	65000	49978	1.30

Aplicando los valores calculados de la simulación resumidos en la Tabla 8 en la Ec. 09 se obtiene lo siguiente:

Material ASTM A572 Grado 50, espesor = 5mm

$$n_s = \frac{50000}{96825}$$

$$n_s = 0.51$$

Material ASTM A572 Grado 65, espesor = 5mm

$$n_s = \frac{65000}{49978}$$

$$n_s = 1.3$$

Análisis por el método (MEF)

Para continuar con el desarrollo, se utilizará el software ANSYS R-18, que tiene como ventaja la capacidad para resolver los esfuerzos estructurales en un entorno unificado. Además, ofrece una interfaz fácil de usar con NX-10. Como un resultado, el modelo 3D puede ser importado en el sistema de elementos finitos sin perder ningún detalle de diseño. El enfoque para el análisis de elementos finitos (MEF) cuasi-estática, puede lograrse siguiendo los siguientes pasos.

Para el estudio de este proyecto se van usar el modelo estático para la resolución de la estructura. Los siguientes datos a introducir dentro del simulador como son los tipos de elementos y el mallado se irán abordando en cada caso.

- 1.- Simulación con carga distribuida de 6000 kg, utilizando como bastidor auxiliar de perfil tipo Z, espesor de 5mm y el material ASTM A-572 Grado 50.

En la figura 29 se muestra el Interfaz de usuario para el sistema de análisis Static Structural, en el Anexo 4 se indica la resolución del programa ANSYS 18 en el post-procesamiento del mismo.

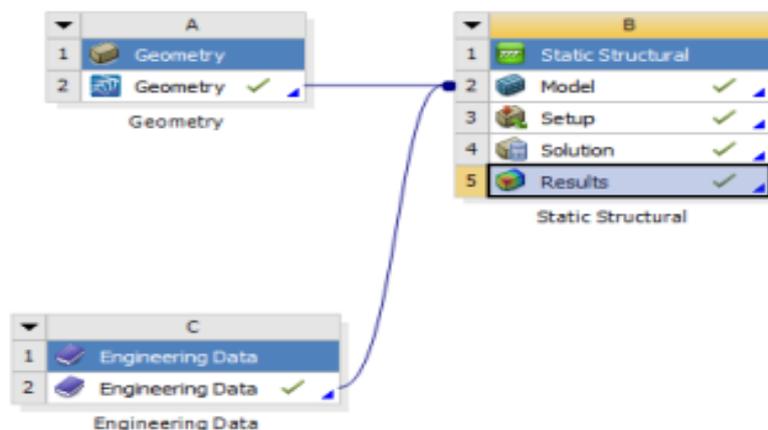


Fig. 29: Interfaz de usuario para el sistema de Static Estructural

2.- Aplicación de la carga distribuida en los largueros del chasis principal con los bastidores auxiliares de 6000kg equivalente a 58800 (N) Newtons que se indica en la figura 30 respectivamente.

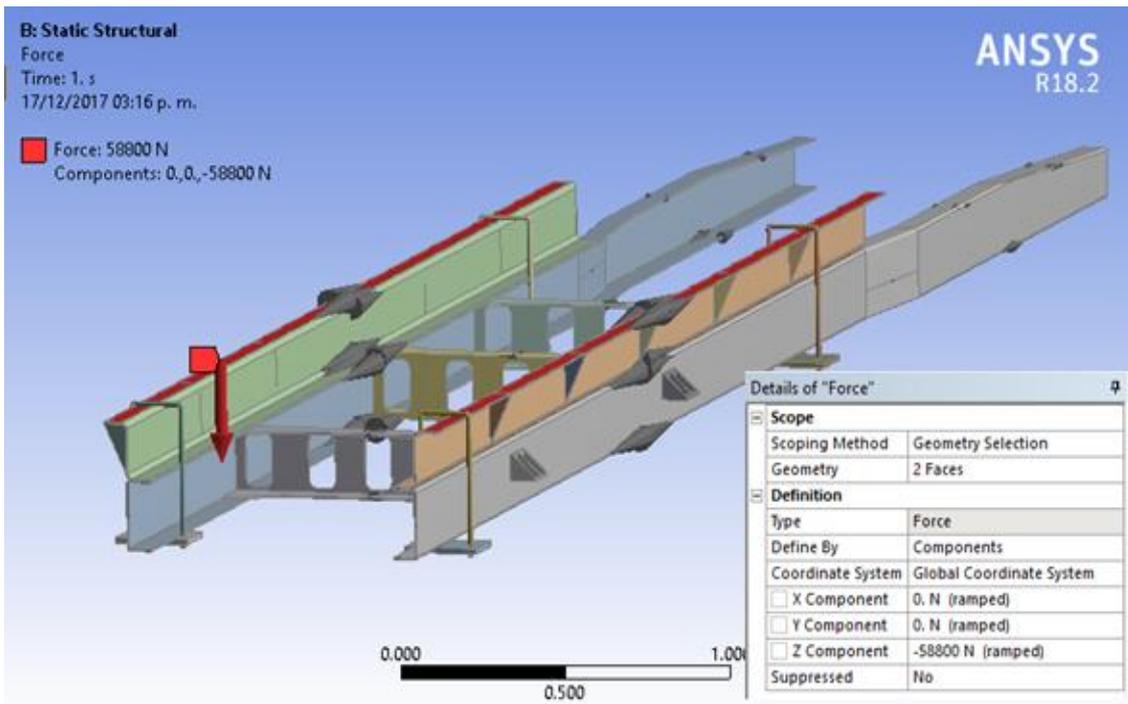
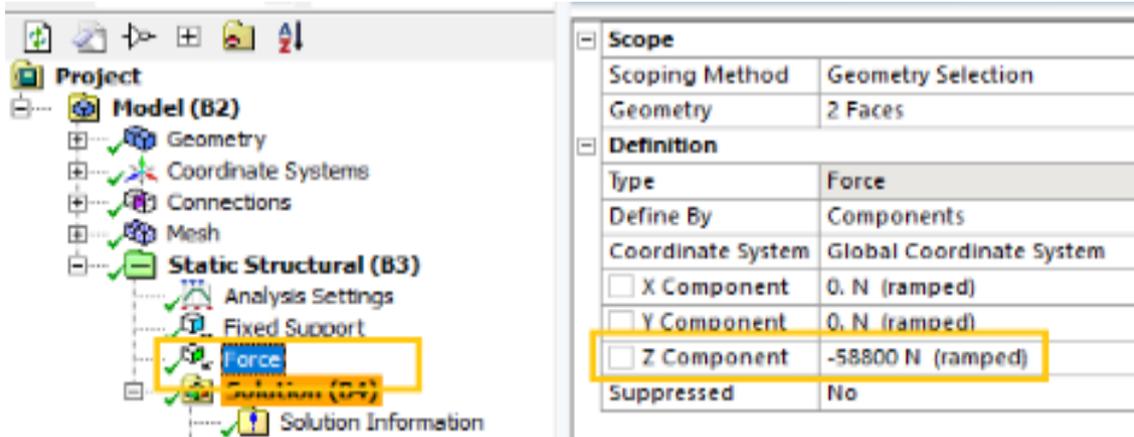


Fig. 30: Aplicación de la carga distribuida en los largueros del chasis del camión con el bastidor auxiliar

3.- A continuación, se realiza el mallado correspondiente de la estructura para así determinar con más exactitud los parámetros establecidos este valor está indicado en la figura.31 respectivamente.

El tipo de mallado que se aplicará será el tipo tetrahedral que sirve para obtener una estructura 3D, el objetivo es cubrir en mejor manera todo el volumen y tener una mejor eficiencia seleccionando los elementos relacionados con el ratio jacobiano cuyos valores se acercan a los resultados reales y comparar con el cálculo analítico.

Además se escogió este tipo de mallado para realizar los estudios de homogeneidad sobre la superficie del modelo a simular con respecto a la malla generada por defecto por el programa ANSYS versión 18 en la figura 31 se realiza el análisis para los materiales de ASTM A 5272 GRADO 50 Y GRADO 65 respectivamente con una carga distribuida de 6000 kgf con una densidad 7830 kg/mm³ con estos datos se procede a la simulación correspondiente.

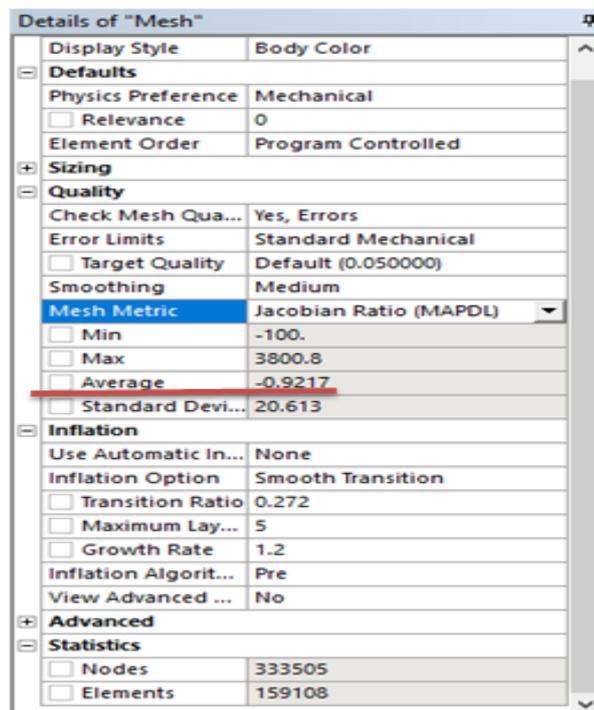
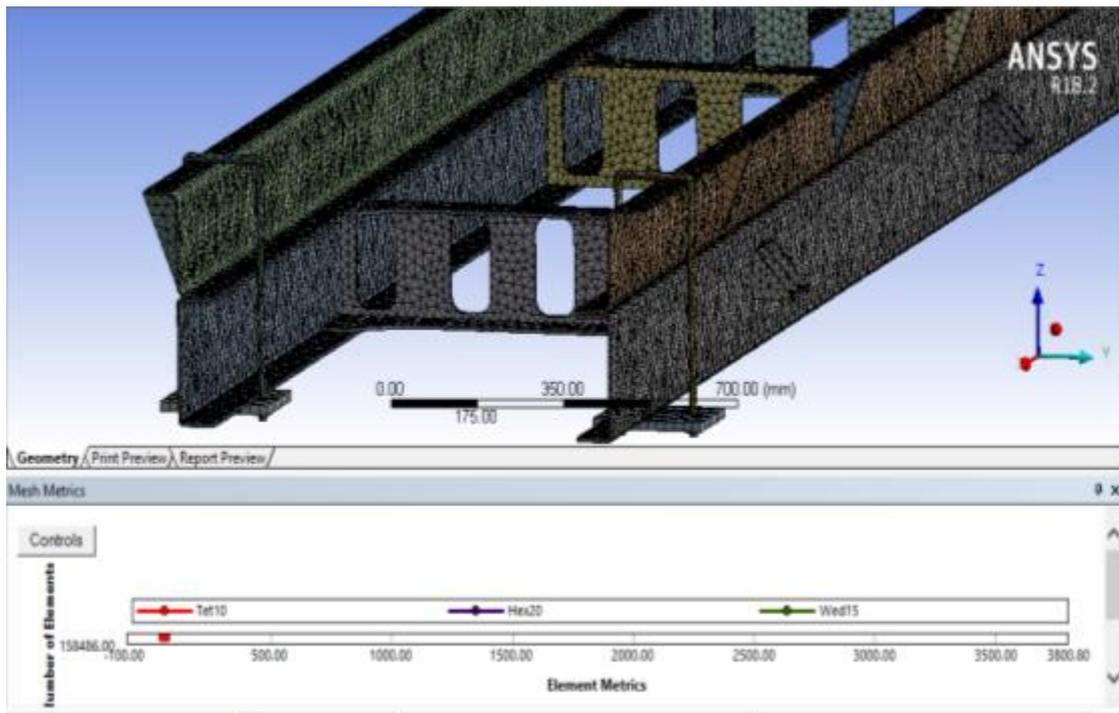


Fig. 31: Aplicación del mallado con el valor mínimo, entre el chasis principal y el bastidor auxiliar

En la figura 30 se muestran las reacciones RA y RB aplicadas entre el chasis principal con el bastidor auxiliar.

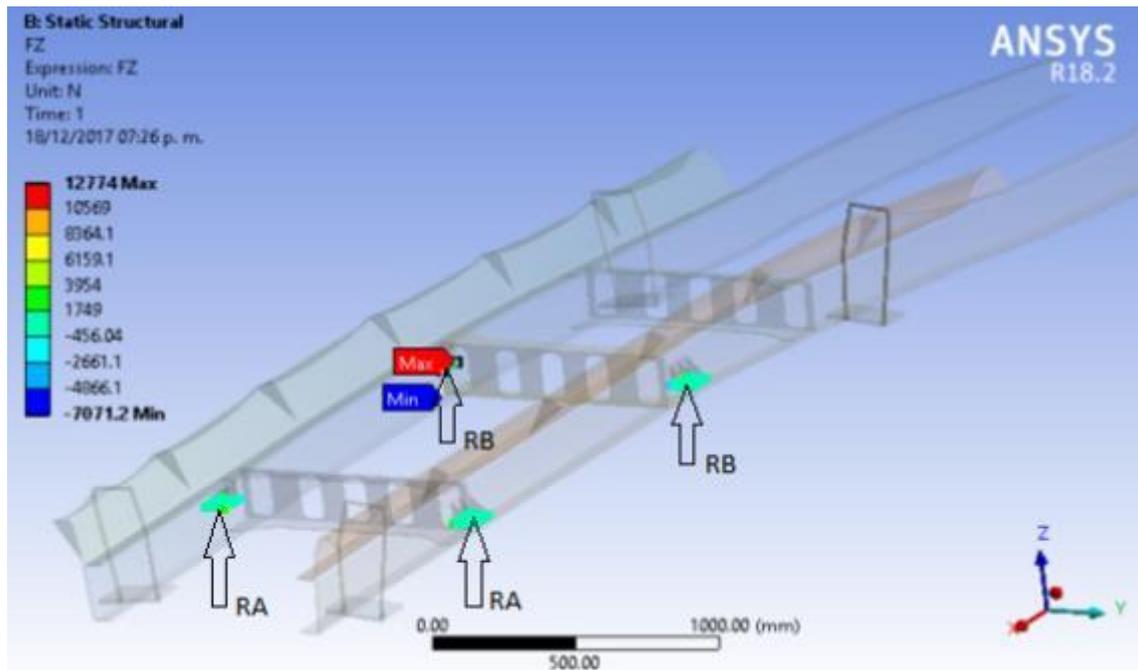


Fig. 32: Aplicaciones de las reacciones RA, RB de carga entre el chasis y el bastidor auxiliar del camión

4.- Análisis usando perfil estructural tipo “Z” en material ASTM A572 GRADO 50 de espesor 5mm. En la Tablas 3 y 4 se indica las propiedades químicas y mecánicas del material cuyos valores son representados en la figura. 33 aplicando una carga de 6000 kg equivalente a 58800 N se muestra los resultados mínimo y máximo de las tensiones de Von Mises podemos ver como a causa de la disminución de área en el perfil, aparecen nuevos puntos con esfuerzos que están por encima de los límites permisibles.

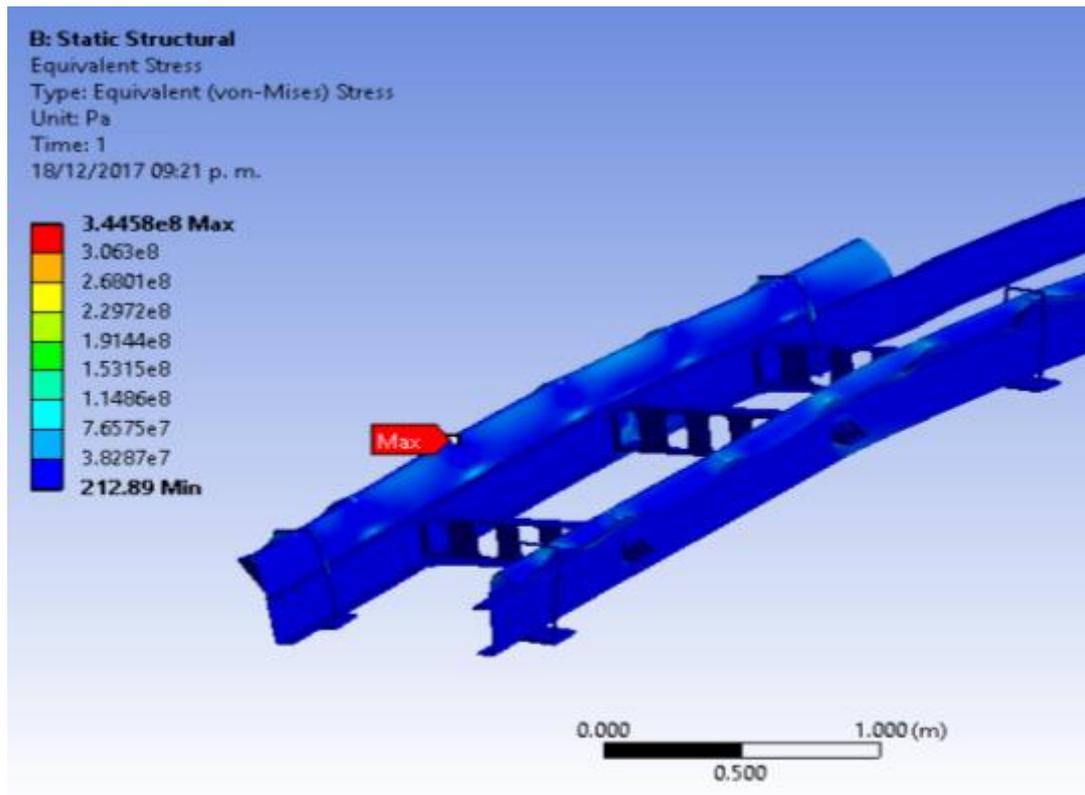


Fig. 33: Valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572 grado 50 espesor 5mm

En las figuras. 34 y figuras.35 se indican los resultados de la deformación total y factor de seguridad, las cuales, brindan información que sirve de complemento para comprender mejor el comportamiento del modelo en estudio, ya que en ellas se puede comprobar cuáles son los elementos con esfuerzos más altos.

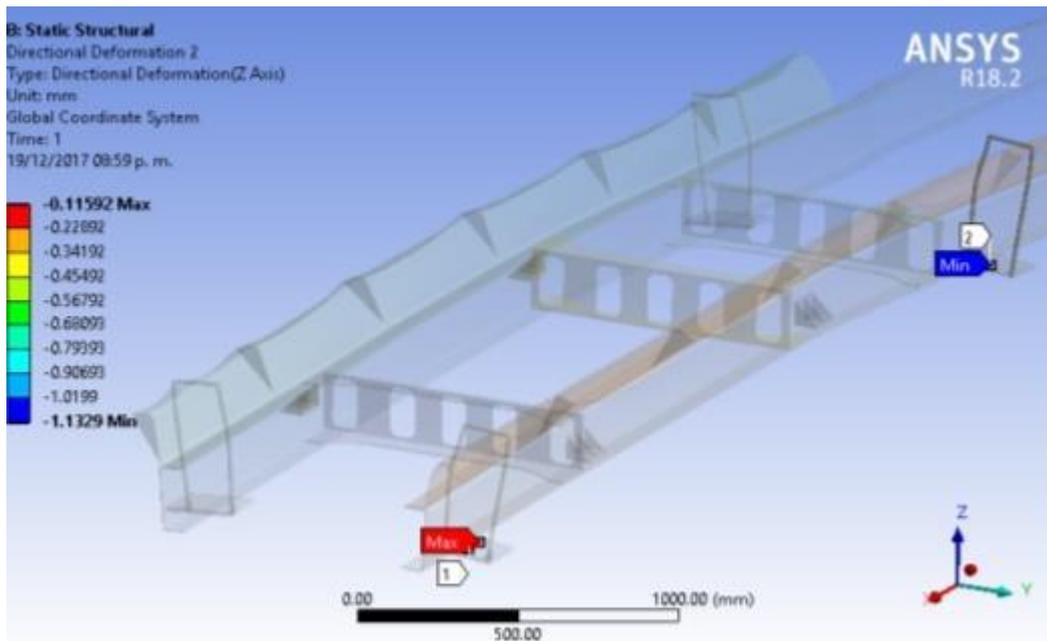


Fig. 34: Valores máximo y mínimo de la deformación del material ASTM A572 grado 50 espesor 5mm

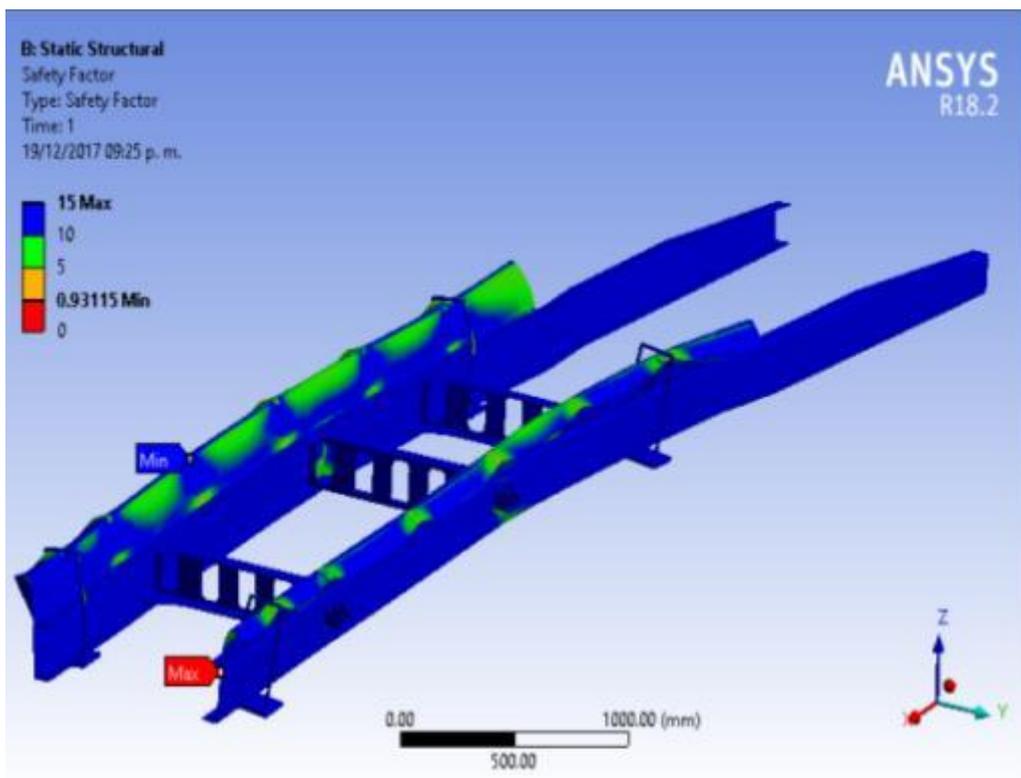


Fig. 35: Valor del factor de seguridad del material ASTM A572 grado 50 espesor 5mm

5.- Análisis usando perfil estructural tipo “Z” en material ASTM A572 GRADO 65 de espesor 5mm en la figura. 36 aplicando una carga de 6000 kg equivalente a 58800 N se muestra los resultados mínimo y máximo de las tensiones de Von Mises.

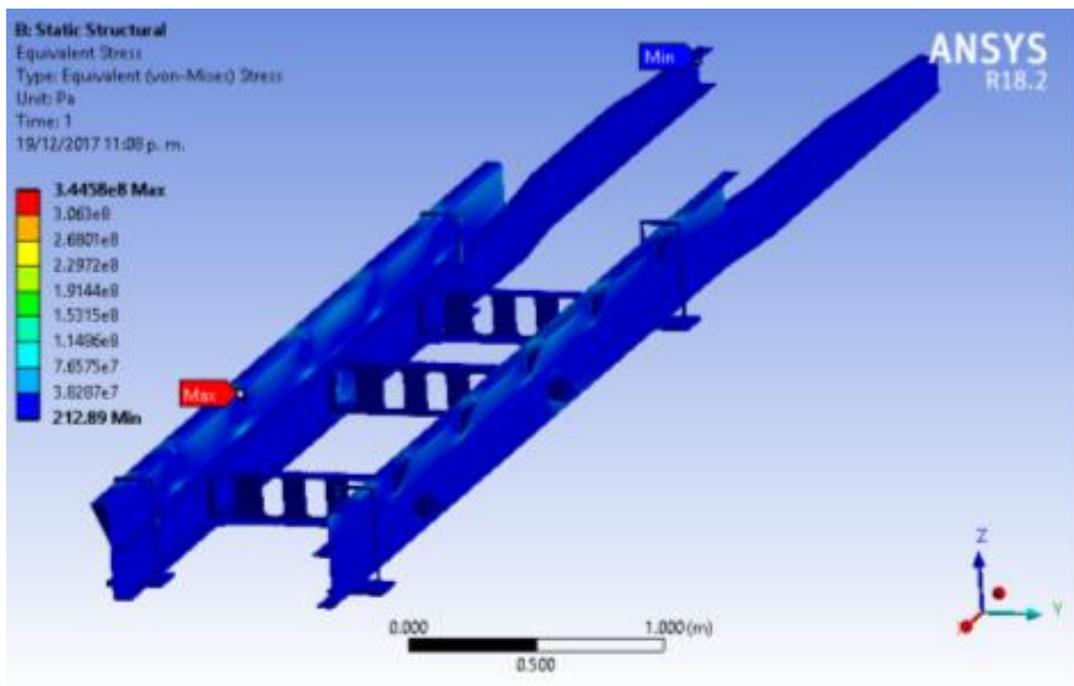


Fig. 36: Valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572 grado 65 espesor 5mm

En la figura. 37 se indican los resultados de la deformación total con el material ASTM –A 572 Grado 65 con espesor de 5mm. Dando como resultado un desplazamiento máximo de 0.12mm y mínimo de -4.71mm

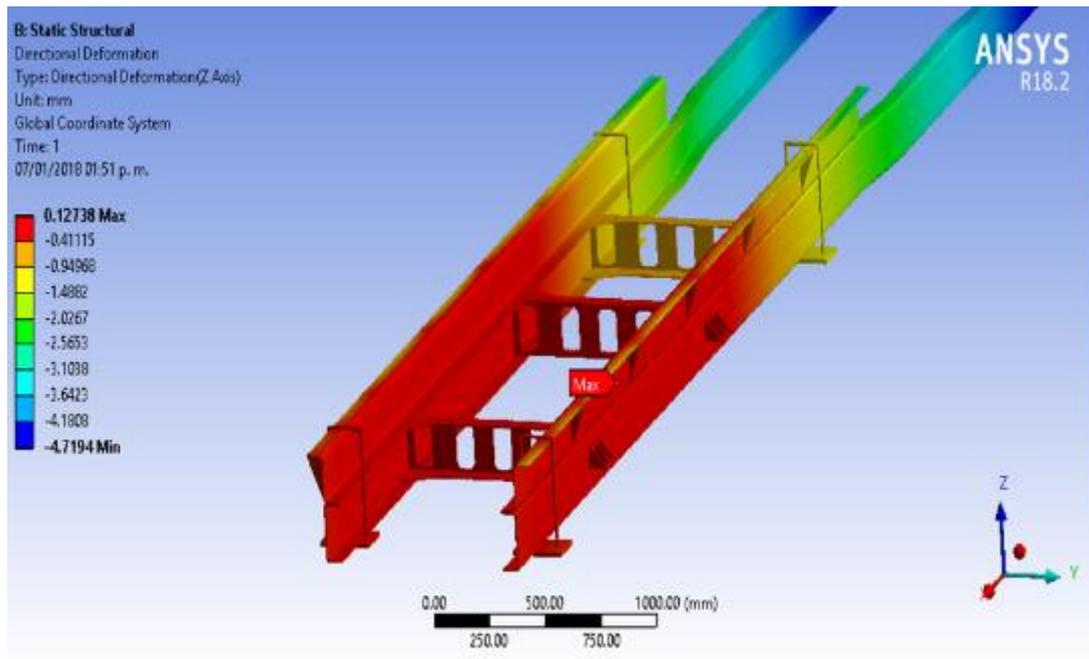


Fig. 37: Valores máximo y mínimo de deformación ASTM A572 grado 65 espesor 5mm

Factor de seguridad

En la figura 38 se muestra los valores mínimo y máximo del factor de seguridad.

Proporcionando los valores de factor de seguridad máximo de 15 y un mínimo de 1.30

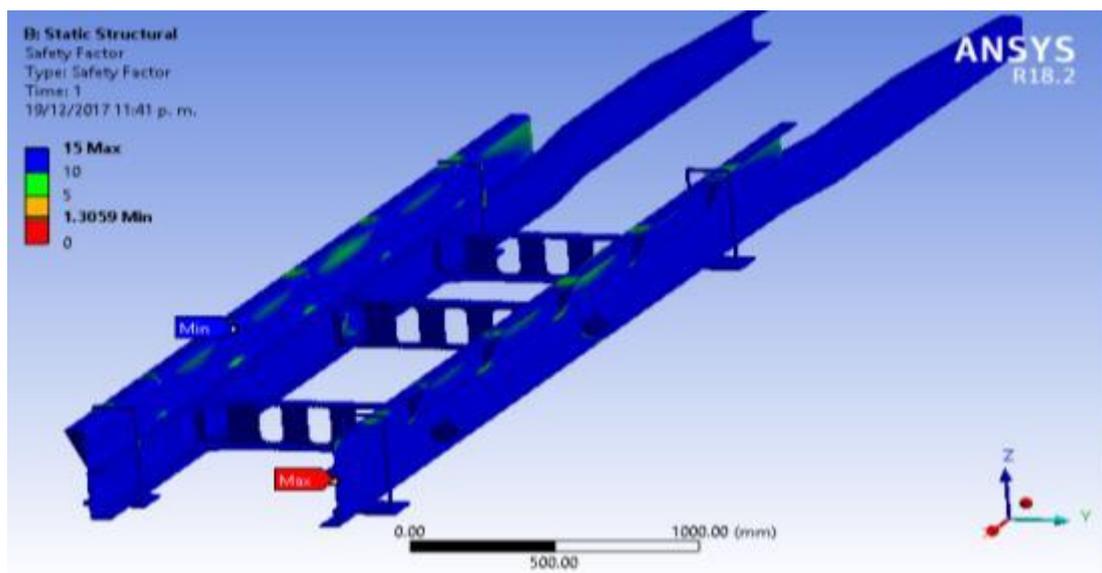


Fig. 38: Valores máx. y mín. del esfuerzo Von Mises del material ASTM A572 grado 65 espesor 5mm

Análisis mediante modelo matemático

La utilización del modelo matemático se aplicara para el diseño del perfil tipo Z y el material de ASTM A572 Grado 65 de espesor 5mm, que fue analizado anteriormente y requerido por la compañía, para lo cual establecerá los parámetros por del tramos en este caso AB aplicado con una carga distribuida , para este análisis la deformación se lo realizara primeramente con una simulación en el programa ANSYS, y en la segunda parte se comprobara con la aplicación del programa Wolfram Mathematica 11.1, que es utilizado para la programación matemática requerida.

En la figura 39 se muestra el segmento que efectuara el análisis de simulación

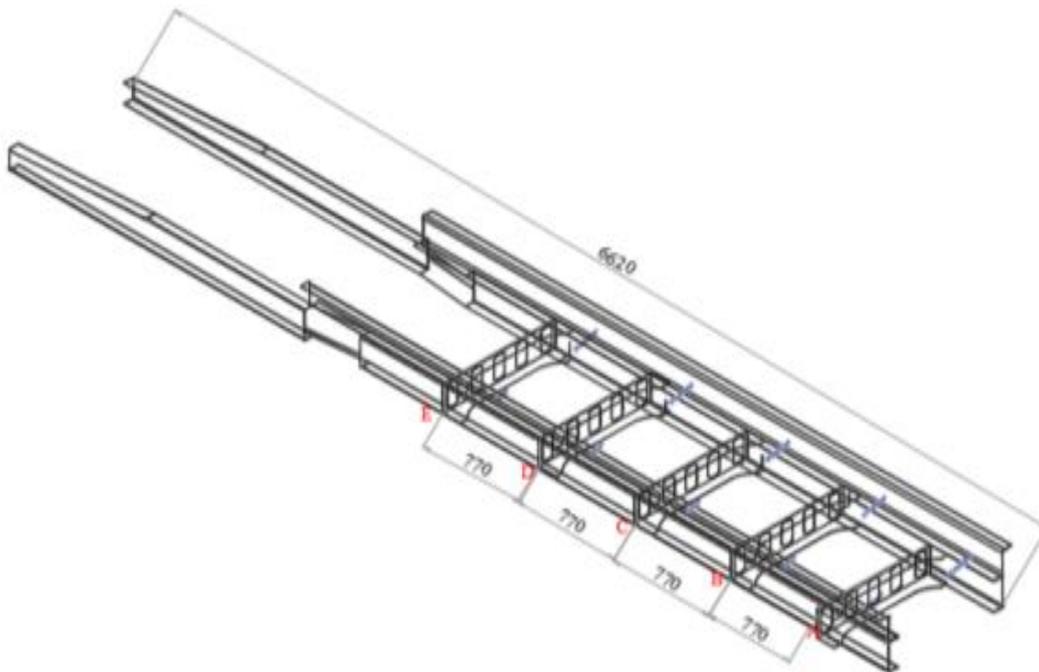


Fig. 39: Diagrama del tramo AB para la simulación

A continuación, se realiza el diagrama de cuerpo libre del tramo designada AB indicada en la figura 40.

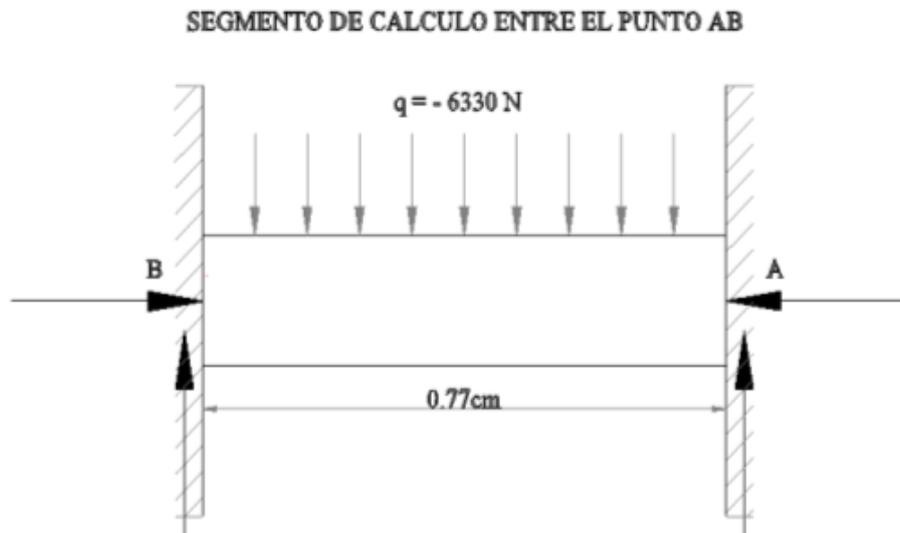


Fig. 40: Diagrama del tramo AB establecida como viga doblemente empotrada

Este segmento se lo analizara con las características de una viga doblemente empotrada debido a la que el perfil se encuentra los separadores de la estructura de los largueros del chasis del vehículo, el valor de carga distribuida (q) e lo calcula con la relación de la carga distribuida aplicada a los largueros de 58839,90 N y la distancia entre apoyos de 0.77cm que equivale al valor de -6330 N.

En la figura 41 se indica la simulación del segmento y su deformación.

Indicando los valores de la deformación máximo de 0.00015cm y mínimo de -0.0736cm

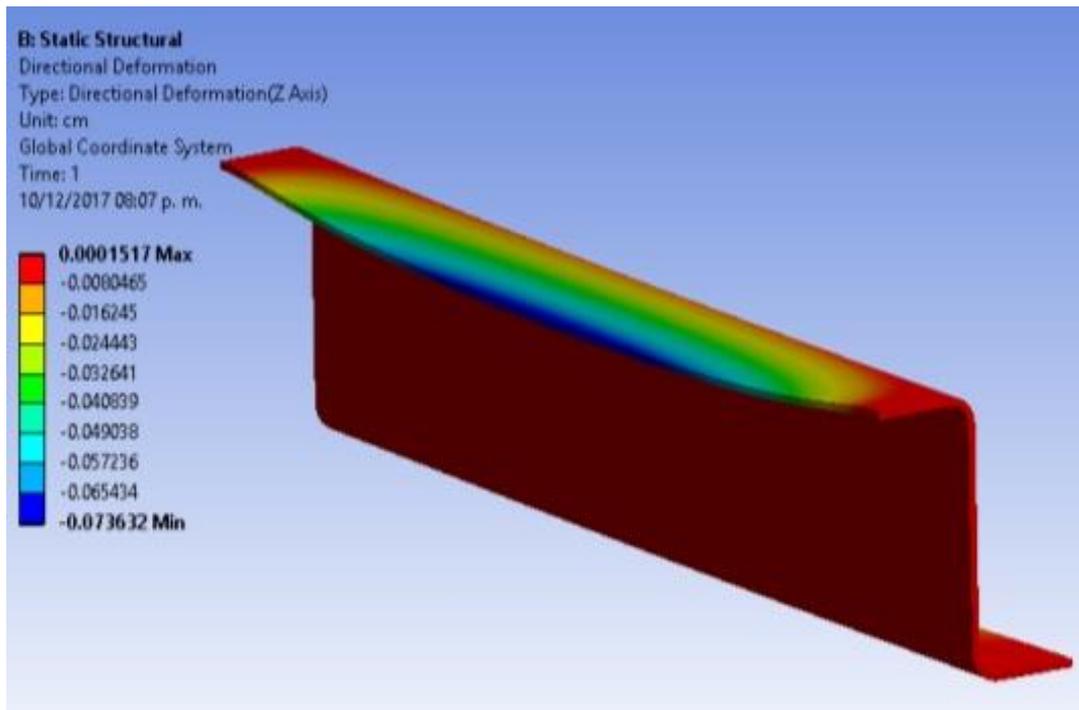


Fig. 41: Diagrama de deformación puntos máximo y mínimo del segmento

En la figura 42 se muestra el esfuerzo de Von-Mises, método que es utilizado para comparar los resultados de la deformación del material ASTM A572-Grado 65 con el segmento del mismo material para su determinación correcta con los valores de simulación. Cuyos datos determinan el esfuerzo máximo de 124.97Mpa y mínimo de 0.177 Mpa.

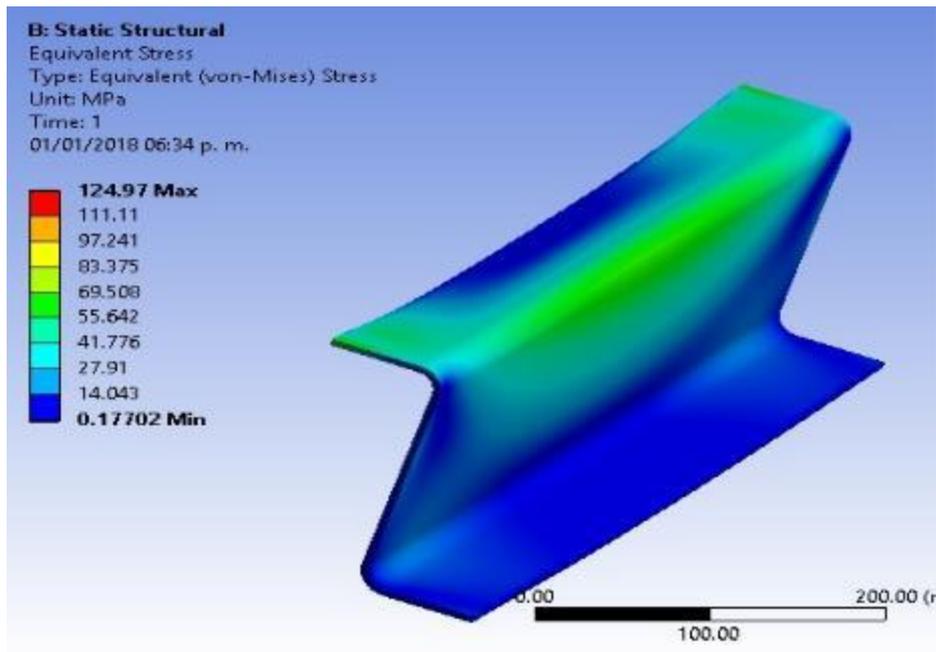


Fig. 42: Análisis de los esfuerzos máximo y mínimo del esfuerzo de Von Mises

En la figura 43 se muestra el diagrama de la deformación máxima del segmento escogido del material anteriormente indicado, que servirá para la comparación de los mismos con los valores desde los puntos 1 y punto 2 y se determinaron los resultados de la deformación máxima de -1.2×10^{-18} cm y el mínimo de -0.043 cm.

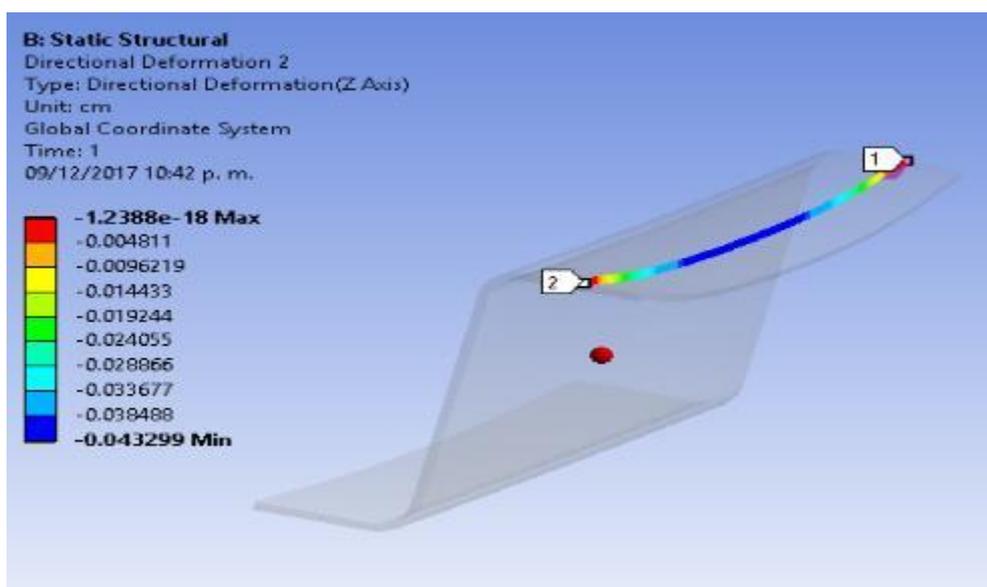


Fig. 43: Diagrama de deformación del segmento

En la figura 44 se muestra la curva de deformación de los puntos 1 y 2 indicados en la figura anterior la cual se representa la deformación crítica de $-4.32 \text{ e } -2 \text{ cm}$ equivalente a -4.32 mm .

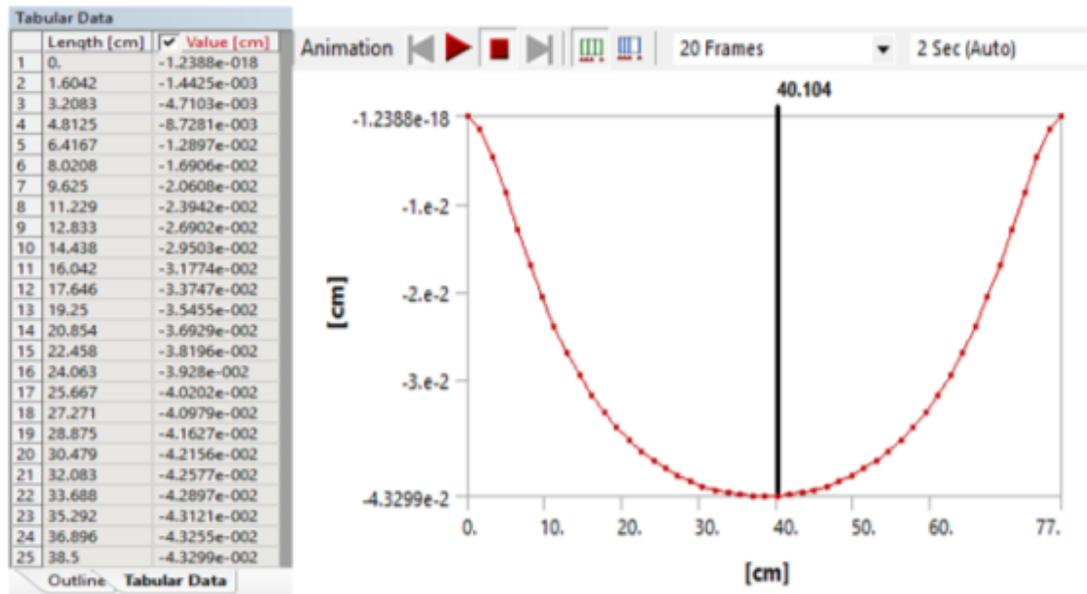


Fig. 44: Diagrama de deformación del segmento

Para la programación matemática que consistirá en verificar la resistencia del componente estructural del perfil tipo "Z", el modelo se basa en idealizar la acción de cargas en el componente y lograr identificar su comportamiento mecánico.

Se planteará en relación a la aplicación del modelo matemático con ecuaciones diferenciales de orden superior de grado 3 por los componentes que se conforma el perfil tipo rectangulares, para mejor compresión al perfil se dividirá en tres cuerpos como se indica en la figura 45.

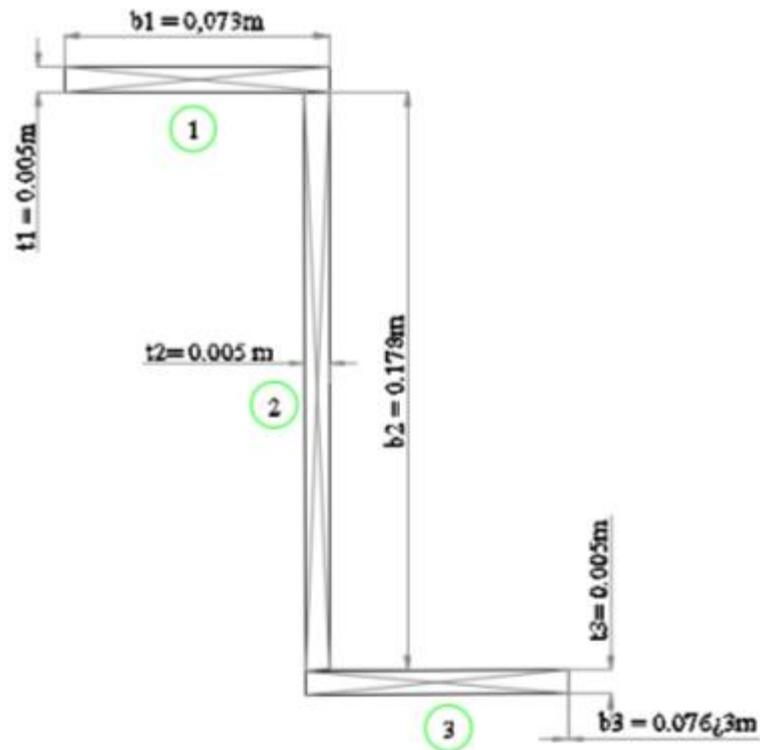


Fig. 45: División del perfil en segmentos rectangulares

Utilizando las el programa computacional wólfram mathematica 11.1 se procede a la programación del perfil dividido en tres partes con la geometría rectangular en la figura 46 se indica la codificación respectiva. En el Anexo 5 se indica la programación y formulación para la aplicación del programa respectivo.

Discusión de resultados

Una vez realizado los análisis de deformación y esfuerzos mediante la teoría de distorsión tanto por cálculo analítico y simulación mecánica se determinó que el mayor factor de seguridad estático fue de 1.3 correspondiente al acero ASTM A572 grado 65 con un espesor de perfil de 5mm, que se acepta como válido al estar por encima de 1 sugerido por la norma AISC sección 2 aplicado a cálculo estructural de bastidores en camiones, el resto de valores se presentan en la Tabla 7.

Tabla 8

Tabla de comparación de resultados finales

Comparación de diseños finales con una carga de 6000kg equivalente a 58800 Newtons				
Material	Masa (KG)	Esfuerzo de Von - Mises (MPa)	Factor de seguridad mínimo	Deformación máxima (mm)
Acero ASTM A-572 GRADO 50	44.57	344.58	0.93	1.13
Acero ASTM A-572 GRADO 65	55.2	344.58	1.3	4.71
Segmento de Acero ASTM A-572 GRADO 65	9.12	124.97	3	4.32

Con los resultados obtenidos del bastidor auxiliar, diseñado con el perfil cumple como elemento constructivo que permite transportar cargas elevadas como es de 6000kg para que permita al camión marca HINO serie 300 pueda trasladarse sin sufrir deformaciones utilizando el material más óptimo como es el acero estructural ASTM A 572 Grado 65 indicados en la Tabla 7 , obteniéndose resultados que es el que cumple y garantiza cuyo factor de seguridad es mayor que uno por lo efectúa por el de (Teller Bel 2011).

Según (Galbarro 2010), los bastidores auxiliares deben tener la facilidad de fabricación, determinándose que es un material homogéneo e isótropo de calidad uniforme que permite soportar grandes esfuerzos. Estas propiedades le dan mayores niveles de seguridad a una estructura sobre todo cuando está sujeta a esfuerzos causados por cargas accidentales. En los anexos 11 y 12 respectivamente se realizan comparaciones de precios y de ahorro de material debido a que el acero seleccionado AASTM A- 572 Grado 65 es muy costoso en el mercado nacional y su dificultad por conseguir en planchas que cumplan con las dimensiones para su construcción respectiva porque se vio la conveniencia de importar.

Otra de las ventajas en utilizar este elemento es que su diseño de perfil “Z” permite que al ensamblar con otros aditamentos en la conformación del armazón de chasis principal da facilidades de conformar con la carrocería correspondiente del camión y tener un correcto mantenimiento del mismo cumpliéndose por lo dicho ((Shuch 1999).

Las resoluciones del pos procesamiento del análisis del segmento del perfil Z con el material en acero ASTM A 572 grado 65 y de espesor de 5mm y el gráfico realizado mediante la resolución del modelo matemático para el segmento analizado del mismo material se muestran los valores correspondiente, en la Figura 46 se indica la ubicación de la deformación máxima entre 0.3mm con el esfuerzo de Von Mises de 17172 Kpa obtenido en la simulación por lo que se muestra que efectivamente está en el rango máximo de 0,3cm por lo que queda comprobado que su valor está correcto.

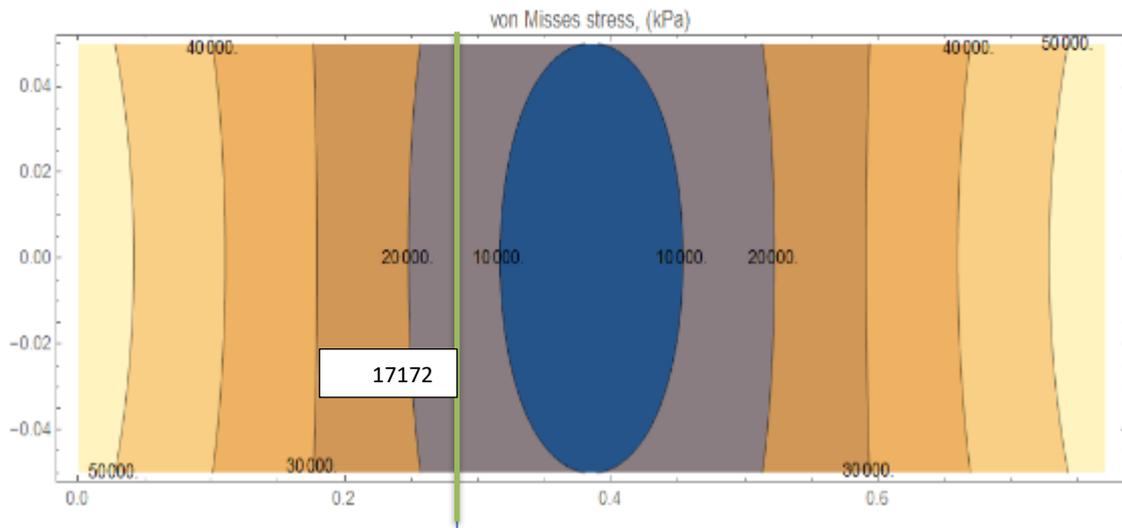


Fig. 46: Ubicación de valores del esfuerzo de Von Mises con el modelo matemático

Con este cuadro comparativo se puede indicar que el material que se puede fabricar en el acero ASTM A 572 GRADO 65 con una geometría de tipo “Z” ya que su factor de seguridad es mayor a 1 y su deformación máxima está dentro del valor. En la figura 47 se indica los valores de la simulación con el modelo matemático que es de -0.03 m.

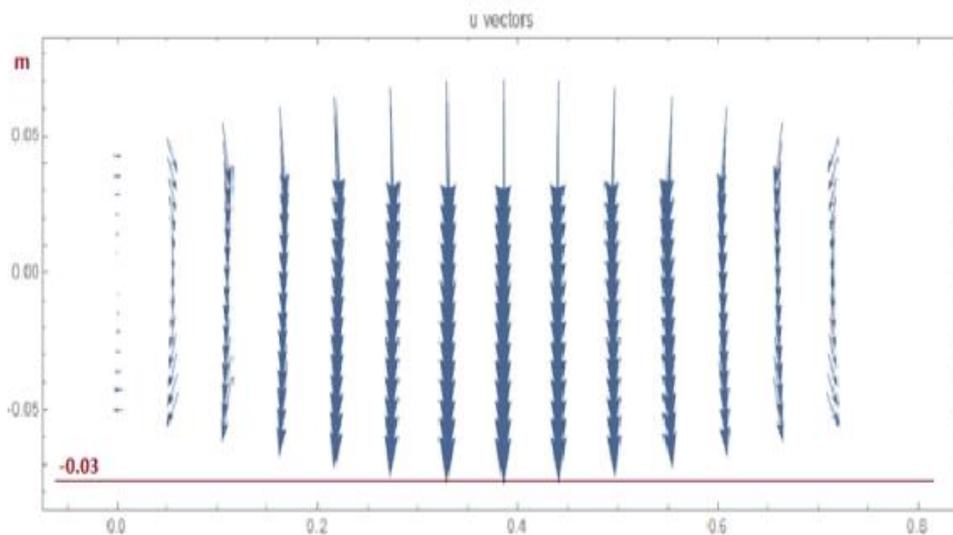


Fig. 47: Simulación del modelo matemático con el programa Wolfram Mathematica 11.1

Después de haber realizado los estudios, y habiendo probado diferentes configuraciones y combinaciones del perfil “Z” que es de modelo de prueba, se obtuvieron los resultados que se presentan en la siguiente tabla, los cuales permiten, hacer una elección con base en la comparación entre materiales que fueron objetos del estudio están son los aceros ASTM –A572 Grado 50 y el ASTM – A572 Grado 65, indicados en las siguientes Tabla 8 y la Tabla 9 respectivamente. En el Anexo 6 se establece el plano de fabricación del perfil tipo “Z”.

Tabla 9

Resultados obtenidos del material acero ASTM A572 GRADO 50

Material						
Asignación	Acero ASTM - A 572 Grado 50					
Cuadro	Longitud X	15mm	158.42 mm			
	Longitud Y	168 mm	227.82 mm			
	Longitud Z	447.48 mm	16.31 mm			
Propiedades	Volumen	1.814 e+005 mm ³	5.831 e+005 mm ³			
	masa	1.424 kg	4.57 kg			
Estadísticas	Nudos	1895	1867	1877	956	921
	Elementos	816	801	804	117	112
	Malla métrica	Jacobian Ratio (MAPDL)				
	Min	-1.00	1.0029			1
	Max	519.72	1020.5	250.06	4.6415	4.283
	Promedio	9.99069	11.3511	10.146	1.523	1.4821
	Desviación estandar	26.4379	42.6566	22.811	0.772	0.683

Tabla 10

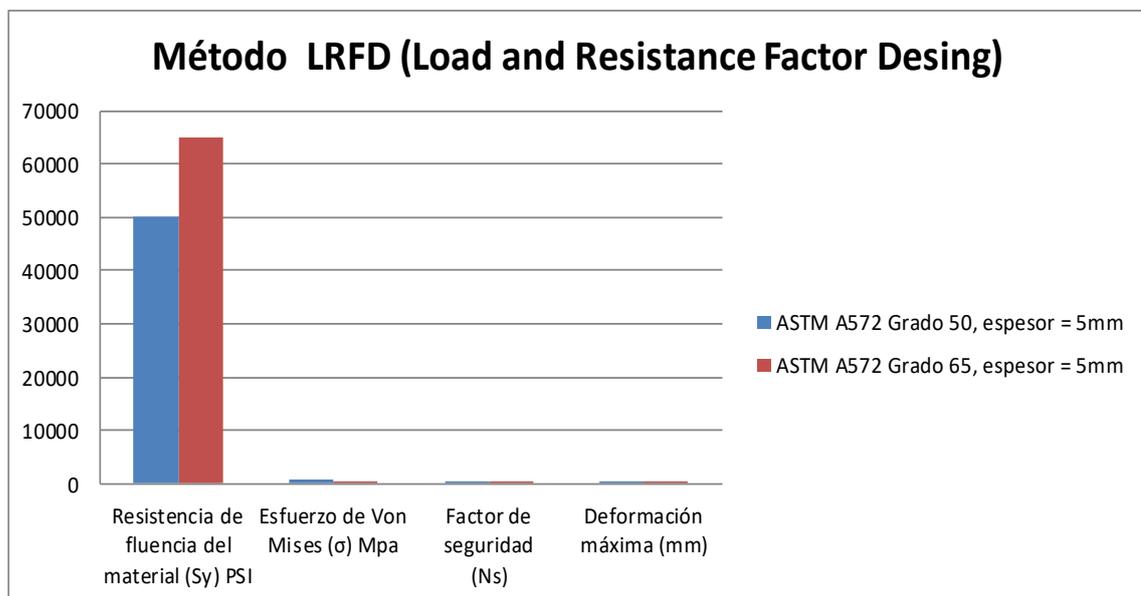
Resultados obtenidos del en el material acero ASTM A572 GRADO 65

Material				
Asignación	Acero ASTM - A 572 Grado 65			
Cuadro				
	Longitud X	7015.4 mm		4649.8 mm
	Longitud Y	116.06 mm		143 mm
	Longitud Z	447.48 mm		178 mm
Propiedades				
	Volumen	1.6825 e+007 mm ³		7.0336 e+006 mm ³
	masa	132.08 kg		55.206 kg
Estadísticas				
	Nudos	81275	79713	57930 58932
	Elementos	39719	38899	28259 28931
	Malla métrica	Jacobian Ratio (MAPDL)		
	Min	-100.00		
	Max	3800.8	703.41	219.96 68.032
	Promedio	068466	0.59096	-5.0064 -4.6074
	Desviación estandar	20.5288	10.2987	25.8172 26.0957

Tabla 11

Análisis de resultados utilizando el método LRDF con los materiales en estudio

Método LRFD (Load and Resistance Factor Desing)					
Ítem	Material	Resistencia de fluencia del material (S_y) PSI	Esfuerzo de Von Mises (σ) Mpa	Factor de seguridad (N_s)	Deformación máxima (mm)
1	ASTM A572 Grado 50, espesor = 5mm	50000	667.58	0.52	1.13
2	ASTM A572 Grado 65, espesor = 5mm	65000	334.58	1.3	4.71

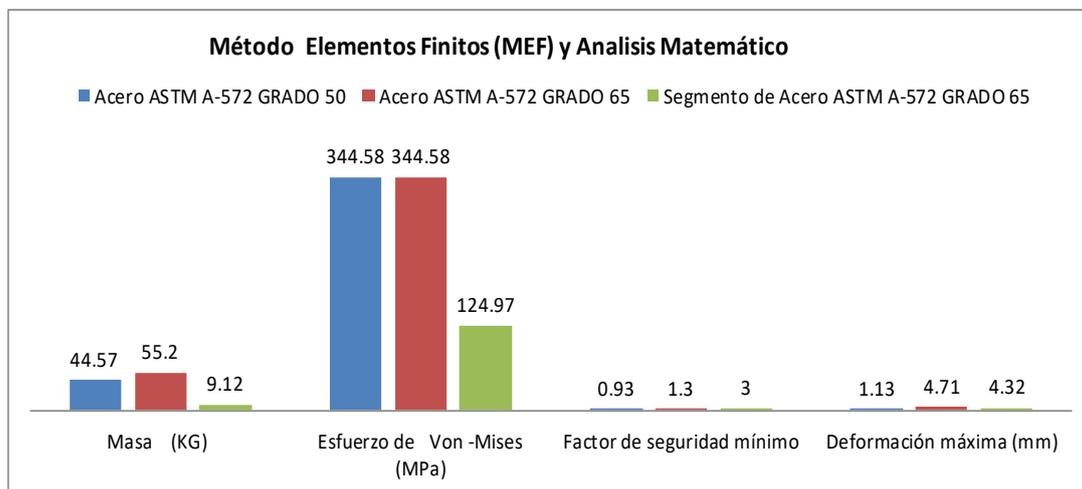


Con estos resultados indicados y calculados utilizando el método LRDF se comprueba que el material mas óptimo es el acero ASTM A572-GRADO 65, su factor de seguridad es mayor que 1 al igual que su deformación es mayor equivalente 4.71mm por la tanto su elasticidad es mayor en comparación con el acero de grado 50. Este análisis se realiza con la aplicación de la energía de distorsión Teoría de la falla con valores de esfuerzo de Von Mises de acuerdo al material analizado.

Tabla 12

Análisis de resultados utilizando el método MEF con los materiales en estudio

Método Elementos Finitos (MEF) y Analisis Matemático				
Material	Masa (KG)	Esfuerzo de Von-Mises (MPa)	Factor de seguridad mínimo	Deformación máxima (mm)
Acero ASTM A-572 GRADO 50	44.57	344.58	0.93	1.13
Acero ASTM A-572 GRADO 65	55.2	344.58	1.3	4.71
Segmento de Acero ASTM A-572 GRADO 65	9.12	124.97	3	4.32



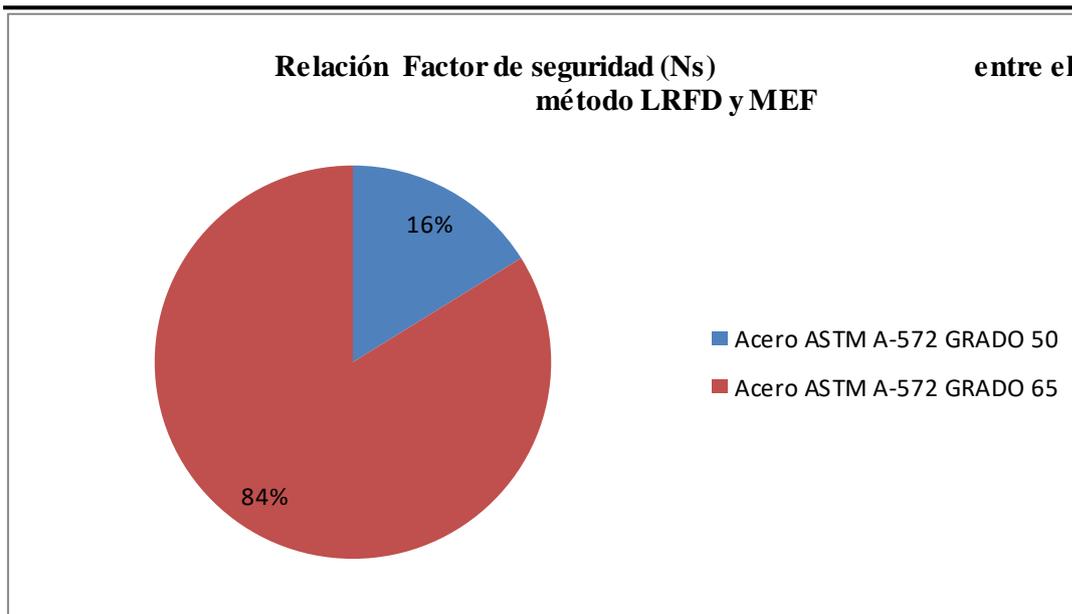
En este análisis indicado en la tabla 12 se realiza las comparaciones utilizando el método de elementos finitos y el análisis matemático obteniéndose resultados que el acero ASTM A572 Grado 65 cumple con requerimiento optimo, para este análisis el esfuerzo de Von Mises sus valores fueron el mismo valor lo que se comprueba que la deformación y el factor de seguridad cumplen de acuerdo a (Von Mises 1950)

En la tabla 13 se muestra la comparación de valores efectuados en los métodos LRFD y MEF respectivamente en relación del factor de seguridad y se determina que en un 84% es óptimo utilizando el material acero ASTM A572 Grado 65.

Tabla 13

Análisis de resultados en relación del factor de seguridad con los materiales en estudio

Relación Factor de seguridad (Ns) entre el método LRFD y MEF		
Material	Acero ASTM A-572 GRADO 50	Acero ASTM A-572 GRADO 65
Método LRFD	0.25	1.3
Método MEF	0.93	1.3



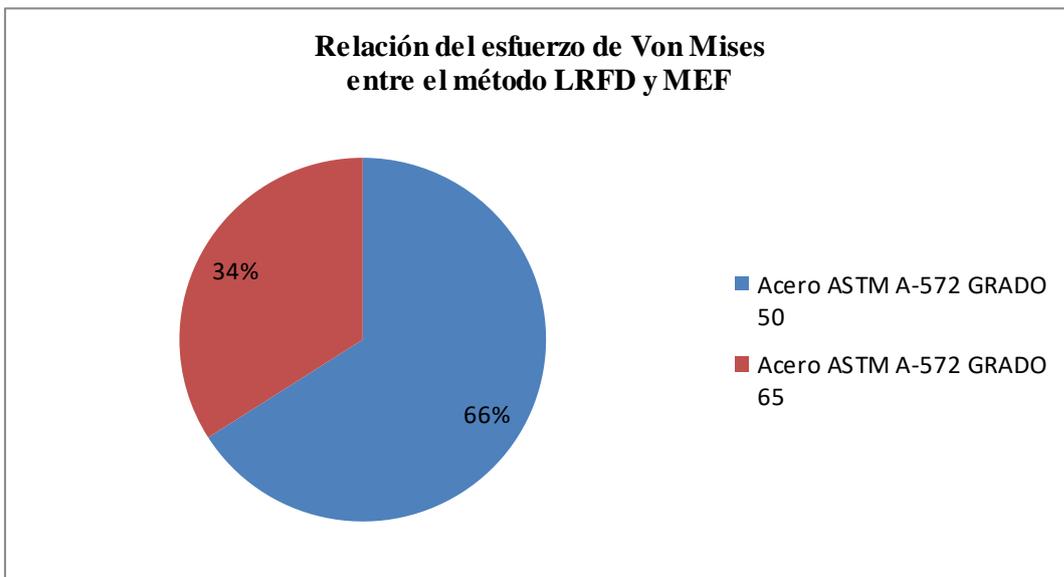
En la tabla 14 se diagnostica observaciones aplicando los métodos LRFD y MEF se comprueba usando el esfuerzo de Von Mises que en un 66% es mejor utilizar el acero ASTM A572 Grado 65. Como se indica a continuación.

Tabla 14

Análisis de resultados en relación del esfuerzo de Von Mises con los materiales en estudio

Relación Esfuerzo de Von Mises entre el método LRFD y MEF

Material	Acero ASTM A-572 GRADO 50	Acero ASTM A-572 GRADO 65
Método LRFD	667.58	344.58
Método MEF	334.58	344.58

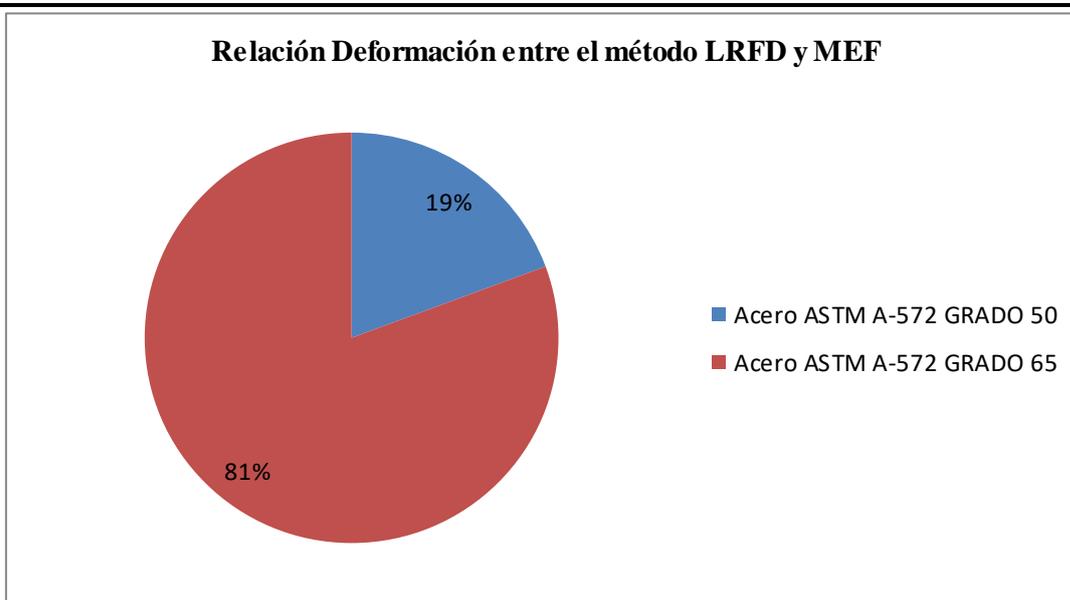


En la Tabla 15 se muestra que el valor de la deformación esta en un 19% empleando el acero ASTM A572 Grado 50 por lo que no tiene mucha elongación al momento del dobléz del perfil y esto se comprueba que el acero de grado 65 es más dúctil al momento de su fabricación.

Tabla 15

Análisis de resultados en relación del factor de deformación con los materiales en estudio

Relación Deformación entre el método LRFD y MEF		
Material	Acero ASTM A-572 GRADO 50	Acero ASTM A-572 GRADO 65
Método LRFD	1.13	4.71
Método MEF	1.13	4.71



Manufactura y Costos

Para la óptima fabricación del bastidor auxiliar se deberá tener un proceso de construcción que se muestra en la figura 48.

Cada proceso de construcción deberá ser enfocado al no desperdicio de material para minimizar gastos haciendo del proceso eficaz, así se ha obtenido el siguiente proceso. En los Anexos 7, 8 y 9 respectivamente se indican los resultados de la simulación de los materiales ASTM A 572 Grado 50 y 65 y su correspondiente segmento,

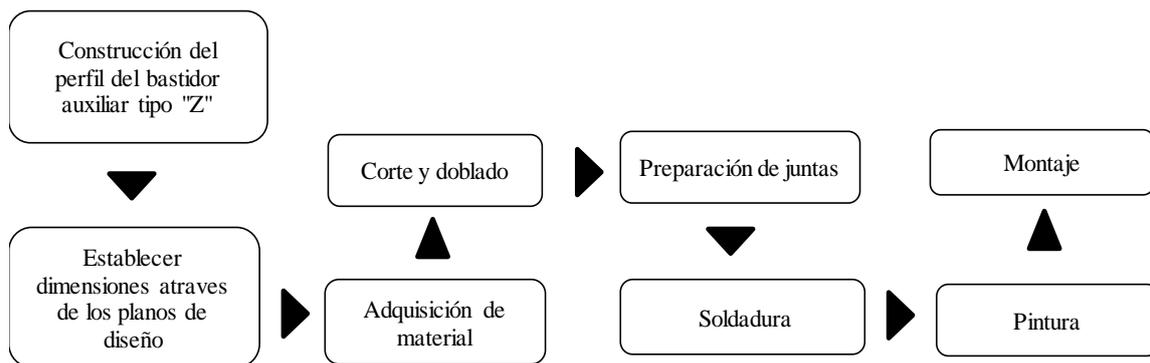


Fig. 48: Proceso de fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO

Fuente: Empresa SIDEC S.A.

Costos

Para la compra del material seleccionado se realizó un análisis entre el costo en el mercado nacional y la importación, en los Anexos 7 y 8 se demuestra el valor de adquisición en la Tabla 10 se indica los valores y el porcentaje cuya diferencia permite

ser comprado mediante importación de estos materiales ya que los proveedores locales sus precios son altos.

Tabla 16

Análisis de costos entre la compra nacional y la importación

Análisis de costos				
Material	Valor mercado nacional	Valor en importación	Valor diferencia	% de comparación
Acero ASTM A-572 GRADO 50	\$24,800.00	\$ 35,000.00	\$ 10,200.00	0.68
Acero ASTM A-572 GRADO 65	\$25,200.00	\$ 36,000.00	\$ 10,800.00	0.7

Con el diseño realizado y las dimensiones de desarrollo de 4650*300*5mm lo más conveniente es comprar en bobinas ya que en el mercado nacional la venta de las planchas es tipo estándar de 1220*2440*5mm por lo que se generara desperdicios en su fabricación del bastidor auxiliar por lo que es conveniente comprar en bobinas para que el corte de la placa sea exacto y no genere recortes innecesarios.

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Según el requerimiento de la empresa en utilizar el material que anualmente importa como son los aceros ASTM – A 572 Grado 50 y el ASTM – A 572 Grado 65 en espesores de 5mm que se utilizara para la fabricación del bastidor auxiliar para los camiones HINO serie 300 , se planteó un procedimiento para modelar y pre – dimensionar de acuerdo a las cargas distribuida de 6000 kg a lo largo del chasis principal para los vehículos antes mencionados , obteniendo resultados con los métodos analíticos , elementos finitos y modelo matemático cuyos valores obtenidos y realizando su comparación respectiva se determinó construir el bastidor auxiliar en material ASTM – A 572 Grado 65 en espesor de 5 mm.
- El tipo de perfil sugerido tipo “Z” cumple con la carga óptima para cumplir con la deformación crítica de 4 mm, además el factor de seguridad es mayor a 1 que cumple con la determinación del material seleccionado además se efectúa con una carga estática sobre el chasis principal más el bastidor auxiliar determinados por los métodos antes mencionados.
- Bajo el análisis de elementos finitos (MEF) que se realizó con el programa ANSYS 18, se pudo constatar que los parámetros establecidos son óptimos y que las funciones propuestas cumplan con los valores, así como la geometría y el tipo de material cumple con la resistencia y deflexión requerida.
- El diseño propuesto tiene la facilidad de fabricación por el material determinado acero estructural ASTM A-572 Grado 65 cuyas propiedades es de ser dúctil por naturaleza, que tiene además un comportamiento estable bajo fuertes cargas y

tiene una relación resistencia- peso conveniente además este tipo de material es más económico ,demostrados por los precios y dimensiones requeridas establecidos en los anexos correspondientes ,también tiene alta resistencia indicados en las simulaciones efectuadas y su soldabilidad para agregar más componentes sin tener problemas para el ensamble con demás elementos que conforman el chasis del camión.

- Utilizando los métodos de análisis LRFD (Load and Resistance factor design y el MEF (Método de Elementos Finitos) los resultados determinan que para la fabricación del perfil el material a utilizar es el acero estructural ASTM A572 Grado 65 indicados en los cálculos y simulaciones respectivas.

Recomendaciones

- Para realizar el análisis de cargas se debe considerar la distancia que da el manual de carrocerías con respecto al eje posterior y de esta forma aplicar el método de carga distribuida,
- Se recomienda realizar este rediseño del tipo de anclaje utilizando un perfil en “Z” y aplicando que tipo de material escogido es mejor, además se debe realizar las perforaciones correctas que se debe realizar con respecto al manual de los camiones HINO, puesto que este tipo de perfil es el que mejor que se adapta a los diferentes tipos de cargas a los que está sometido el chasis mientras se encuentra trabajando.
- Con la selección del material y de sección tipo “Z” para la fabricación del bastidor auxiliar, servirá para brindar como apoyo técnico al departamento comercial e ingeniería de la empresa al momento de su adquisición, este diseño justificará para validar el cambio de perfil utilizando el material adecuado.

Referencias bibliográficas

Altair Engineering, Inc. (2011). Practical Aspects of Finite Element SimulationA student guide

Albuja Jácome, J. E., Córdova, R., & Hamilthon, L. (2016). *Diseño y estudio de factibilidad de construcción de un bastidor para chasis de bus con fines de producción nacional*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Calvo Rodríguez, A. Diseño y análisis de un chasis para un prototipo de fórmula SAE: Universidad Pontificia de Comillas.

Carrera, M. (2006). *Desarrollo de conceptos innovadores de semirremolques mediante la aplicación de técnicas numéricas y experimentales. Diseño de una bancada de ensayos de fatiga para su simulación frente a maniobras críticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza.

Colomina, F. J., Masiá, J., Esquerdo, T. V., & Dols, J. F. Modelado Estructural de Componentes de Bastidores de Vehículos Pesados mediante el Método de Elementos Finitos.

Fleming, S. M. (2004). Method for manufacturing a vehicle frame assembly: Google Patents.

Galbarro, H. R. (2010). Ingemecanica.

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>.

GEOVANY, A., SANTIAGO, J., CEJA PEREZ, L., SALCEDO ALVAREZ, E., & VILLA TREJO, F. (2009). *DISEÑO ANALISIS NUMERICO Y MANUFACTURA DEL CHASIS DE UN VEHICULO MINIBAJA SAE*.

Gerrero, M., Valderrabano Salazar, S. A., Campos, R., & Isasi Larrea, M. A. (1999). Aplicación del método de elemento finito al análisis nodal. *Ingenierías*, 2(3), 49-55.

<http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones> (Producer). Retrieved from

<http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones>

Malón Litago, H., Valladares Hernando, D., Carrera Alegre, M., Castejón Herrer, L., Martin-Buro Martin, P., & Lozano Martin-Buro, R. EXPERIMENTAL TEST AND OPTIMIZATION BY MEANS OF THE FINITE ELEMENT METHOD OF A SUB-FRAME FOR TRUCK WITH CRANE.

. Manual de Constructores de Carrocerías para buses de trabajo pesado. (2004) (pp. 8-69). Cali, Colombia.

Marzo, w. c.-z. c. N.-E. (Producer). Retrieved from www.centro-zaragoza.com N° 47 - Enero / Marzo 2011

MOTORS, H. (2000). Manual de montaje de carrocerías. *Hino Motors Ltd, Japón*.

Plata Contreras, G. (2016). Diseño, análisis y construcción de un chasis para un auto SAE mini baja.

Pulloquina, D., Carlos, J., & Velasco Andrango, C. X. (2010). Diseño de una plataforma autocargable para vehículos de hasta 2.0 toneladas montado sobre un chasis-camión.

SCHUCH, F. W. (1999). *Manual de la Técnica del Automóvil*: Reverte.

Soilán, S., Arriaga, F., Baño, V., Crespo, J., & Guaita, M. (2011). *Análisis del comportamiento de la unión en cola de milano mediante simulación numérica por el método de los elementos finitos*. Paper presented at the CIMAD 11, 1 Congreso Ibero-Latino Americano de la madera en la construcción, Coimbra, Portugal.

Soliz Encinas, J. R. (2011). Técnicas cualitativas de la investigación científica. *Revista de Actualización Clínica Investiga*, 10, 481.

TELLER BEL, F. J. (2011). Tipos de bastidores en los vehículos industriales. *Centro-Zaragoza*(47).

Yasig, F., Omar, E., Eugenio, G., & Eduardo, M. (2014). *Diseño y construcción de un kart eléctrico utilizando materiales mixtos para el Laboratorio de Autotrónica*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Extensión Latacunga. Carrera de Ingeniería Automotriz.

Ingemecanica (tutorialn69): <http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn69.html>

Espacech: <http://dspace.espacech.edu.ec/handle/123456789/4556>

Siderúrgica Ecuatoriana Sidec S.A: www.sidec.com.ec

Grupo Mavesa Quito (2016). Modelos de camiones características y especificaciones , <http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones>

Manual de Directrices para mecánicos de carrocerías DAF TRUCKS NV (2007): www.daf.com ; www.dafbbi.com/~media/files/bbi/bodybuilders-guidelines/.../bbg200719es.pdf?la..

Anandraj, H. 1995. Stress analysis of light commercial vehicle chassis by FEM. Stress analysis of light commercial vehicle chassis by FEM. [Online] 1995. [Cited: marzo 25, 2015.] www.stressanalysisofheavydutytruck.uk.

Shigley, Edward. 2004. Diseño en Ingeniería Mecánica. Diseño en Ingeniería Mecánica. Michigan: Mc Graw - Hill, 2004.

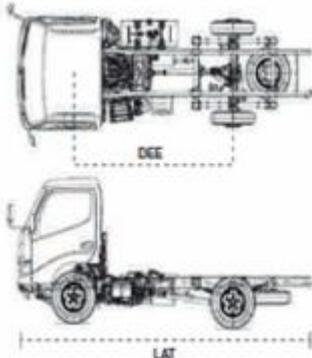
Hino, Motors. 2002. Manual de montaje de carrocerías. Tokio: s.n., 2002.

Piza, J. N. (2016). Cálculo y diseño de las reformas de importancia a implementar en vehículos de transporte de mercancías que incorporan grúas autocarga (Doctoral dissertation).

Albuja Jácome, J. E., Córdova, R., & Hamilthon, L. (2016). Diseño y estudio de factibilidad de construcción de un bastidor para chasis de bus con fines de

Anexo 1

DIMENSIONES					
MODELO		LARGO TOTAL (L _T)	DISTANCIA ENTRE EJE (D _E)	ALTURA TOTAL (ALT)	ANCHO TOTAL (ANT)
XZU640L - HKMLJ3	DUTRO CITY 512	4.970 mm.	2.800 mm.	2.135 mm.	1.895 mm.
XZU710L - HKFML3	DUTRO 616	6.115 mm.	3.430 mm.	2.205 mm.	1.995 mm.
XZU710L - GKFML3	DUTRO 616 COCINERA	6.115 mm.	3.430 mm.	2.235 mm.	1.995 mm.
XZU710L - HKFQL3	DUTRO 716 COCINERA	6.120 mm.	3.430 mm.	2.240 mm.	1.995 mm.
XZU720L - HKFQL3	DUTRO 716 LARGO	6.735 mm.	3.870 mm.	2.240 mm.	1.995 mm.
XZU710L - HKFRL3	DUTRO 616 COCINERA	6.120 mm.	3.430 mm.	2.220 mm.	1.995 mm.
XZU720L - HKFRL3	DUTRO 616 LARGO	6.735 mm.	3.870 mm.	2.240 mm.	1.995 mm.

MODELOS SERIE 300	
	

Anexo 1: Especificaciones técnicas del modelo de camión HINO Serie 300

Fuente; <http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones>

Anexo 2

Serie 300 DUTRO 816 Show Room



Especificaciones Técnicas

CAPACIDADES	MOTOR	DIMENSIONES
DISTANCIA ENTRE EJES (MM)	3.430	
LONGITUD TOTAL (MM)	6.120	
ALTURA TOTAL (MM)	2.220	
ANCHO TOTAL (MM)	1.995	
DISTANCIA ÚTIL DE PLATAFORMA	4.450	

SISTEMA DE COMBUSTIBLE ELECTRÓNICO RIEL COMÚN - EURO II, CON AUTODIAGNÓSTICO CHECK ENGINE, MAYOR POTENCIA DE MOTOR CON MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

HOMOLOGADO EN ECUADOR

[Comparar](#) [Cotización](#) [Ficha Técnica](#)

HINO | QUIERO UN HINO | SERVICIO TÉCNICO | REPUESTOS | PROMOCIONES | Grupo **Mavesa**

Serie 300 DUTRO 816 Show Room



Especificaciones Técnicas

CAPACIDADES	MOTOR	DIMENSIONES
PBV (KG)	7.500	
PBV EJE DELANTERO (KG)	3.100	
PBV EJE POSTERIOR	5.500	
PESO CABINA + CHASIS	2.485	
CAPACIDAD TANQUE COMBUSTIBLE	100L	
PBV POR EJES (2+3)	8.600	
CAPACIDAD DE CARGA POR EJES (5-4)	6.115	
CAPACIDAD DE CARGA DINÁMICA (1-4)	5.015	

SISTEMA DE COMBUSTIBLE ELECTRÓNICO RIEL COMÚN - EURO II, CON AUTODIAGNÓSTICO CHECK ENGINE, MAYOR POTENCIA DE MOTOR CON MENOR CONSUMO DE COMBUSTIBLE.

Anexo 2: Especificaciones técnicas de capacidad y dimensiones del modelo de camión HINO

Fuente: <http://grupomavesa.com.ec/hino/modelo/detalles/ver/Serie300-DUTRO816/v/7#especificaciones>

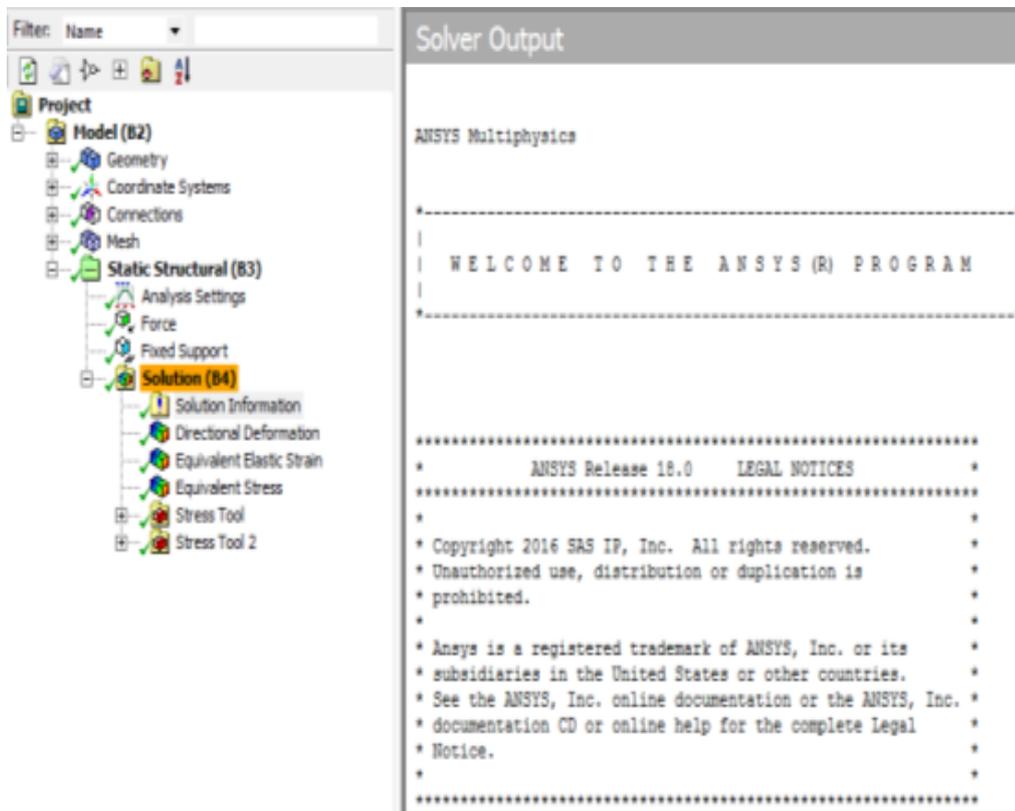
Anexo 3

F de Resist. o ϕ	Situaciones
1.00	Aplastamiento en áreas proyectantes de pasadores, fluencia del alma bajo cargas concentradas, cortante en tornillos en juntas tipo fricción
0.90	Vigas sometidas a flexión y corte, filetes de soldadura con esfuerzos paralelos al eje de la soldadura, soldaduras de ranura en el metal base, fluencia de la sección total de miembros a tensión
0.85	Columnas, aplastamiento del alma, distancias al borde y capacidad de aplastamiento en agujeros
0.80	Cortante en el área efectiva de soldaduras de ranura con penetración completa, tensión normal al área efectiva de soldaduras de ranura con penetración parcial
0.75	Tornillos a tensión, soldaduras de tapón o muesca, fractura en la sección neta de miembros a tensión
0.65	Aplastamiento en tornillos (que no sean tipo A307)
0.60	Aplastamiento en tornillos A307, Aplastamiento en cimentaciones de concreto

Anexo 1: Especificaciones técnicas del módulo del factor de resistencia

Fuente: Código LRFD M.J. Jiménez Ruiz-2015

Anexo 4



Anexo 5

Formulación y programación en el software Wolfram Mathematica 11.1

```

ANALISIS VIGA.nb - Wolfram Mathematica 11.1
Archivo Edición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda

M = EI * D[y[x], {x, 2}];
      |
      |deriva
V = EI * D[y[x], {x, 3}];
      |
      |deriva
th = D[y[x], x];
      |
      |deriva
M1 = M /. x -> 0;
M2 = M /. x -> L;
V1 = V /. x -> 0;
V2 = V /. x -> L;
th1 = th /. x -> 0;
th2 = th /. x -> L;
y1 = y[x] /. x -> 0;
y2 = y[x] /. x -> L;
s = DSolve[{EI * y''''[x] == q, M1 == 0, y1 == 0, M2 == 0, y2 == 0}, y, x]
      |
      |resolveror diferencial
desplazamiento = y[x] /. s[[1]]
M = FullSimplify[M /. s[[1]]]
      |
      |simplifica completamente
V = FullSimplify[V /. s[[1]]]
      |
      |simplifica completamente

```

```

VIGA.nb - Wolfram Mathematica 11.1
ición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda

q = -6.330;
L = 0.77; (*m*)
b1 = 0.073; (*m*)
t1 = 0.005; (*m*)
b2 = 0.178; (*m*)
t2 = 0.005; (*m*)
b3 = 0.073; (*m*)
t3 = 0.005; (*m*)
Ii = (1/12 * b1 * t1^3) + (1/12 * b2^3 * t2) + (1/12 * b3 * t3^3)
Ee = 20000000000;
s11 = -M * X2 / Ii;
Q = (t / 2 - X2) * b * (X2 / 2 + t / 4);
s12 = -V * Q / Ii / b;
smatrix = {{s11, s12, 0}, {s12, 0, 0}, {0, 0, 0}};
FullSimplify[smatrix] // MatrixForm
      |
      |simplifica completamente      |forma de matriz

```

¡VIGA.nb - Wolfram Mathematica 11.1

Edición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda

$s_{11} = -\frac{V}{I} \frac{X_2}{4}$,

$$Q = (t/2 - X_2) * b * (X_2/2 + t/4);$$

$$s_{12} = -V * Q / I_i / b;$$

$$smatrix = \{\{s_{11}, s_{12}, 0\}, \{s_{12}, 0, 0\}, \{0, 0, 0\}\};$$

FullSimplify[smatrix] // MatrixForm

[simplifica completamente] [forma de matriz]

VonMises[sigma_] :=

Sqrt[

[raíz cuadrada]

$$1/2 * ((\sigma[[1, 1]] - \sigma[[2, 2]])^2 + (\sigma[[2, 2]] - \sigma[[3, 3]])^2 + (\sigma[[3, 3]] - \sigma[[1, 1]])^2 + 6 * (\sigma[[1, 2]]^2 + \sigma[[1, 3]]^2 + \sigma[[2, 3]]^2));$$

vonmisesstress = VonMises[smatrix]

ContourPlot[vonmisesstress, {x, 0, 0.77}, {X2, -0.05, 0.05}, ContourLabels -> True, PlotLabel -> "von Mises stress, (kPa)",

[representación de contornos]

[etiquetas de contorno] [verd...] [etiqueta de representación]

AspectRatio -> 1 / 3]

[cociente de aspecto]

ContourPlot[s11, {x, 0, 0.77}, {X2, -0.05, 0.05}, ContourLabels -> True, PlotLabel -> "s11, (kPa)", AspectRatio -> 1 / 3]

[representación de contornos]

[etiquetas de contorno] [verd...] [etiqueta de representación]

[cociente de aspecto]

ContourPlot[s12, {x, 0, 0.77}, {X2, -0.05, 0.05}, ContourLabels -> True, PlotLabel -> "s12, (kPa)", AspectRatio -> 1 / 3]

[representación de contornos]

[etiquetas de contorno] [verd...] [etiqueta de representación]

[cociente de aspecto]

$$u = \{-X_2 * D[\text{desplazamiento}, x], \text{desplazamiento}\};$$

[deriva]

u // MatrixForm

[forma de matriz]

$$EI = Ee * Ii;$$

VectorPlot[u, {x, 0, 0.77}, {X2, -0.05, 0.05}, PlotLabel -> "u vectors", AspectRatio -> 1 / 3]

VIGA.nb - Wolfram Mathematica 11.1

ición Insertar Formato Celda Gráficos Evaluación Paletas Ventana Ayuda

$$\{ \{y \rightarrow \text{Function}[\{x\}, -2.56038 \times 10^{-6} x + 8.63681 \times 10^{-6} x^3 - 5.60832 \times 10^{-6} x^4] \} \}$$

$$-2.56038 \times 10^{-6} x + 8.63681 \times 10^{-6} x^3 - 5.60832 \times 10^{-6} x^4$$

$$(2.43705 - 3.165 x) x$$

$$2.43705 - 6.33 x$$

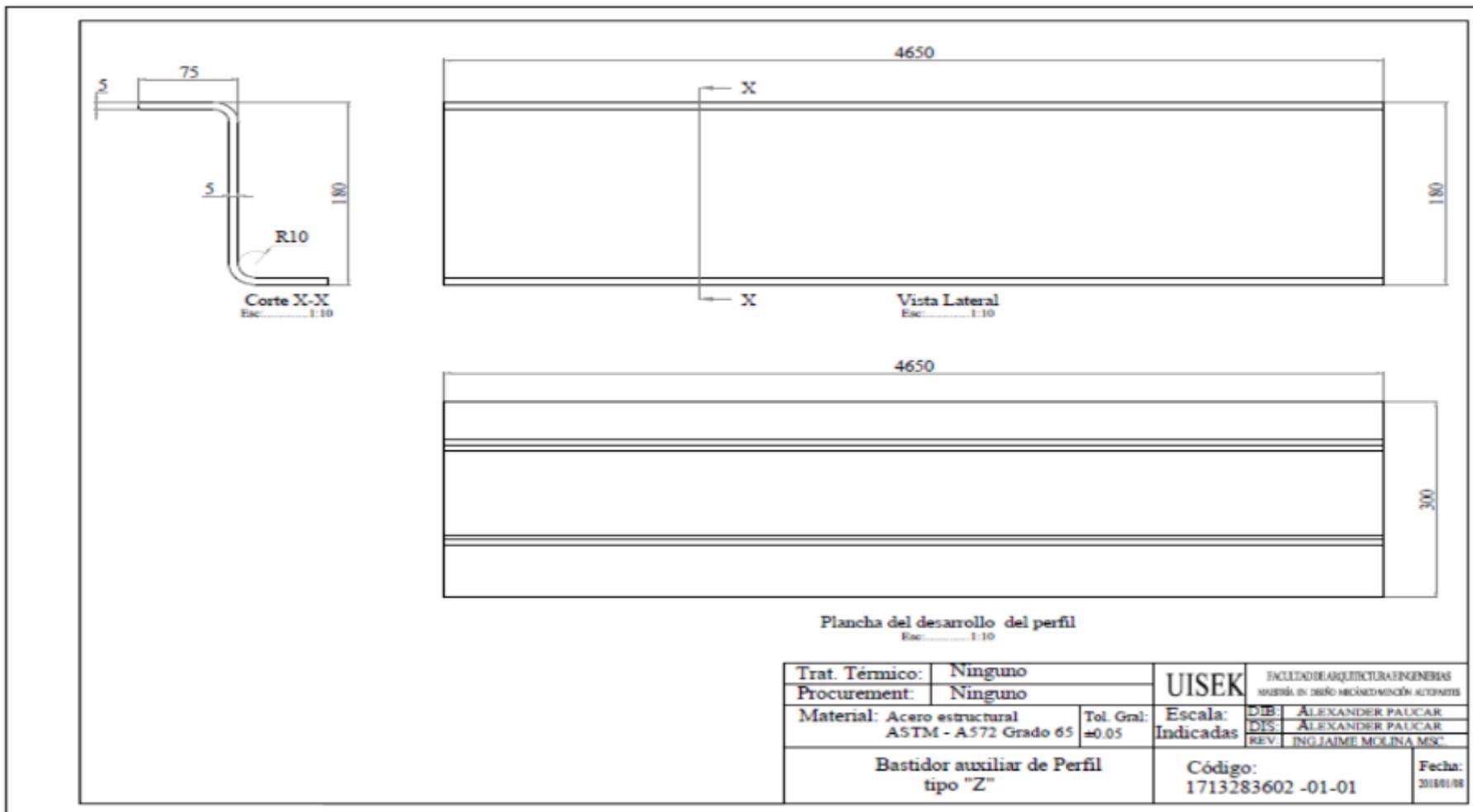
$$2.35142 \times 10^{-6}$$

$$\begin{pmatrix} x (-1.03642 \times 10^6 + 1.346 \times 10^6 x) x^2 & -1.346 \times 10^6 (-0.385 + 1. x) (-0.25 + x^2) (0.25 + x^2) & 0 \\ -1.346 \times 10^6 (-0.385 + 1. x) (-0.25 + x^2) (0.25 + x^2) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

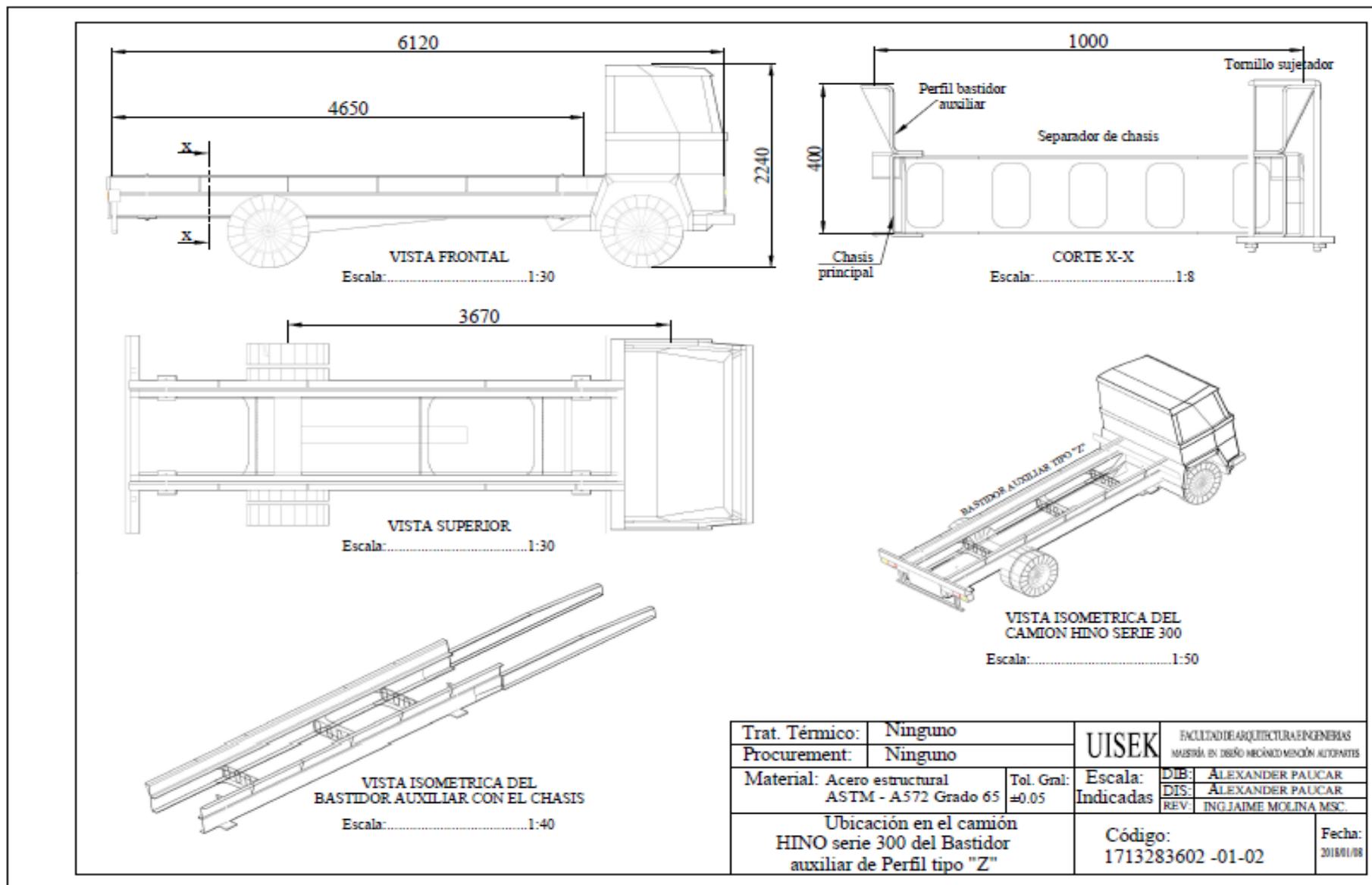
$$\sqrt{1.08515 \times 10^{12} (-2.43705 + 6.33 x)^2 (0.25 - x^2)^2 \left(0.125 + \frac{x^2}{2}\right)^2 + 3.61718 \times 10^{11} (2.43705 - 3.165 x)^2 x^2 x^2}$$

$$\sqrt{2}$$

Anexo 6



Anexo 7



Trat. Térmico:	Ninguno	UISEK	FACULTAD DE ARQUITECTURA E INGENIERIAS MAESTRIA EN DISEÑO MECÁNICO MECÓN ALTERNATIVAS	
Procurement:	Ninguno		DIB:	ALEXANDER PAUCAR
Material: Acero estructural ASTM - A572 Grado 65	Tol. Gral: ±0.05	Escala:	DIS:	ALEXANDER PAUCAR
		Indicadas	REV:	ING. JAIME MOLINA MSC.
Ubicación en el camión HINO serie 300 del Bastidor auxiliar de Perfil tipo "Z"		Código:	1713283602 -01-02	Fecha: 2018/01/08

Anexo 8

Informe Acero ASTM A-572 Grado 50 (Propiedades)

Properties								
Volume	5802.9 mm ³							
Mass	4.5553e-002 kg							
Centroid X	2820. mm				6425.2 mm			
Centroid Y	122.52 mm	275.74 mm	1034.4 mm	1185.8 mm	122.52 mm	275.74 mm	1034.4 mm	1185.8 mm
Centroid Z	-23.089 mm							
Moment of Inertia Ip1	3.7923 kg-mm ²	3.7928 kg-mm ²		3.7634 kg-mm ²	3.7923 kg-mm ²	3.7928 kg-mm ²		3.7634 kg-mm ²
Moment of Inertia Ip2	3.7928 kg-mm ²							
Moment of Inertia Ip3	6.8255 kg-mm ²	6.826 kg-mm ²		6.7965 kg-mm ²	6.8254 kg-mm ²	6.8259 kg-mm ²		6.7965 kg-mm ²
Statistics								
Nodes	102	86		112	86	100	86	112
Elements	11	8		11	8	10	8	11
Mesh Metric	Jacobian Ratio (MAPDL)							
Min	1	1.2546		1.7234	1.2459	1	1.2546	1.7244
Max	4.7237	4.578		4.9002	4.6125	4.8505	4.578	4.9002
Average	2.83629090909091	3.18005		3.13267272727273	3.1802375	3.17196	3.18005	3.14618181818182
Standard Deviation	1.43289221189491	1.28738383997492		1.09755021305716	1.28769435031044	1.34451237934882	1.28738383997492	1.09989516665742

Resultados

**TABLE 24
Model (B2) > Static Structural (B3) > Solution (B4) > Results**

Object Name	Directional Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent Stress
State	Solved		
Scope			
Scoping Method	Geometry Selection		
Geometry	All Bodies		
Definition			
Type	Directional Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent (von-Mises) Stress
Orientation	Z Axis		
By	Time		
Display Time	Last		
Coordinate System	Global Coordinate System		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Results			
Minimum	-4.7194 mm	7.7238e-009 mm/mm	2.1289e-004 MPa
Maximum	0.12738 mm	1.7756e-003 mm/mm	344.58 MPa
Minimum Occurs On	Component1\3F7		Component2\3F0
Maximum Occurs On	Component4\3EB		Component25\3A7
Information			
Time	1. s		
Load Step	1		
Substep	1		

Factor de seguridad mínimo

TABLE 32
Model (B2) > Static Structural (B3) > Solution (B4) > Stress Tool 2 > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	0.93115
Minimum Occurs On	Component25\3A7
Information	
Time	1. s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Anexo 9

Informe Acero ASTM A-572 Grado 65 (Propiedades)

Properties											
Volume	1.8144e+005 mm³			5.8313e+005 mm³				51175 mm³			
Mass	1.4243 kg			4.5775 kg				0.40172 kg			
Centroid X	2820. mm	6425.2 mm		2822.3 mm		6422.8 mm		2867.8 mm		3642.7 mm	
Centroid Y	1110.8 mm	199.38 mm	1110.8 mm	196.57 mm	1113.6 mm	196.57 mm	1113.6 mm	172.77 mm	1137.4 mm	172.77 mm	11
Centroid Z	214.31 mm	214.29 mm	214.31 mm	-8.0919 mm				338.23 mm			
Moment of Inertia Ip1	35474 kg·mm²	35469 kg·mm²	35474 kg·mm²	19831 kg·mm²				618.9 kg·mm²	618.89 kg·mm²	618.9 kg·mm²	618.
Moment of Inertia Ip2	27992 kg·mm²	27987 kg·mm²	27992 kg·mm²	9768.3 kg·mm²				553.86 kg·mm²			
Moment of Inertia Ip3	7521.8 kg·mm²	7521.6 kg·mm²	7521.8 kg·mm²	29396 kg·mm²				71.732 kg·mm²			
Statistics											
Nodes	1895	1867	1877	956	921	900	923	258	167	255	
Elements	816	801	804	117	112	109	113	103	17	100	
Mesh Metric	Jacobian Ratio (MAPDL)										
Min	-100			1.0029	1						
Max	519.72	1020.5	250.06	4.6415	4.2832	6.2797	6.9944	1	2.9516	1	
Average	9.99069950980393	11.3511601747815	10.1461675373134	1.5238358974359	1.48219375	1.55136697247706	1.55220176991151	1	1.70533529411765	1	1.7053
Standard Deviation	26.4379063021995	42.6566447565285	22.8111232957755	0.772467581225964	0.683684386549111	0.963240754111122	0.916465071423726	0	0.557279888096163	0	0.5572

Resultados

Object Name	<i>Directional Deformation</i>	<i>Equivalent Elastic Strain</i>	<i>Equivalent Stress</i>	<i>Directional Deformation 3</i>	<i>Directional Deformation 4</i>	<i>Directional Deformation 5</i>
State	Solved					
Scope						
Scoping Method	Geometry Selection			Path		
Geometry	All Bodies					
Path				Path	Path 2	Path 3
Definition						
Type	Directional Deformation	Equivalent Elastic Strain	Equivalent (von-Mises) Stress	Directional Deformation		
Orientation	Z Axis			Z Axis		
By	Time					
Display Time	Last					
Coordinate System	Global Coordinate System			Global Coordinate System		
Calculate Time History	Yes					
Identifier						
Suppressed	No					
Results						
Minimum	-4.7194 mm	7.7238e-009 mm/mm	2.1289e-004 MPa	-2.271 mm	-0.38052 mm	-3.9406 mm
Maximum	0.12738 mm	1.7756e-003 mm/mm	344.58 MPa	0.58162 mm	-3.8283e-002 mm	0.52521 mm

Factor de seguridad

TABLE 34
Model (B2) > Static Structural (B3) > Solution (B4) > Stress Tool > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	1.3059
Minimum Occurs On	Component25\3A7
Information	
Time	1. s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Anexo 10

Informe del segmento del Acero ASTM A-572 Grado 65 (Propiedades)

Assignment	ACERO ASTM-A572 GRADO 65
Nonlinear Effects	Yes
Thermal Strain Effects	Yes
Bounding Box	
Length X	770. mm
Length Y	143. mm
Length Z	178. mm
Properties	
Volume	1.1623e+006 mm ³
Mass	9.1238 kg
Centroid X	7127.6 mm
Centroid Y	1111.4 mm
Centroid Z	305.71 mm
Moment of Inertia Ip1	49349 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip2	4.9705e+005 kg·mm ²
Moment of Inertia Ip3	4.5325e+005 kg·mm ²
Statistics	
Nodes	128427
Elements	64936
Mesh Metric	Jacobian Ratio (MAPDL)
Min	1
Max	2.4553
Average	1.01668487125787
Standard Deviation	4.43686154192671E-02

Resultados

Type	Equivalent Elastic Strain	Equivalent (von-Mises) Stress	Directional Deformation
By	Time		
Display Time	Last		
Calculate Time History	Yes		
Identifier			
Suppressed	No		
Orientation	Z Axis		
Coordinate System	Global Coordinate System		
Integration Point Results			
Display Option	Averaged		
Average Across Bodies	No		
Results			
Minimum	4.3067e-006 mm/mm	0.17702 MPa	-0.73632 mm
Maximum	6.2812e-004 mm/mm	124.97 MPa	1.517e-003 mm
Minimum Occurs On	Geom\Sólido		
Maximum Occurs On	Geom\Sólido		

Factor de Seguridad

TABLE 17
Model (B2) > Static Structural (B3) > Solution (B4) > Stress Tool > Results

Object Name	<i>Safety Factor</i>
State	Solved
Scope	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	All Bodies
Definition	
Type	Safety Factor
By	Time
Display Time	Last
Calculate Time History	Yes
Identifier	
Suppressed	No
Integration Point Results	
Display Option	Averaged
Average Across Bodies	No
Results	
Minimum	3.6008
Minimum Occurs On	Geom\Sólido
Information	
Time	1. s
Load Step	1
Substep	1
Iteration Number	1

Anexo 11

				Fecha :	12/03/2017
De : Inq. Pablo Hernandez Jefe de Importaciones CENTRO ACERO S.A				COTIZACIÓN	N°0365
Para : Sra. Amparo Román Coordinadora de compras SIDEC S.A					
<u>Material</u>	<u>Unidad</u>	<u>Cantidad</u>	<u>Dimensiones</u>	<u>V.Unitario/kg</u>	<u>V.Total</u>
Acero ASTM A572 GRADO 50	KG	20000	Bobina de 1.22m*84m*3mm	\$ 1.24	\$24,800.00
Acero ASTM A572 GRADO 65	KG	20000	Bobina de 1.22m*84m*3mm	\$ 1.26	\$25,200.00
SUB-TOTAL					\$50,000.00
12% DE IVA					\$1,200.00
IMPUESTO DE IMPORTACIÓN					\$500.00
TRANSPORTE					\$300.00
TOTAL					\$52,000.00
Entrega a convenir , validez inmediata					
Flete : Quito					
Pago: contado					
Nota :					

Anexo 11: Cotizaciones para la compra de materiales importaciones

Fuente: Departamento de compras SIDEC S.A.

Anexo 12

				COTIZACION: N° 08-1017 FECHA : 05/02/2017		
				Para: Ing. Amparo Roman Jefe de Compras SIDEC S.A		
				www.dipacmanta.com PBX: (02) 2293 750 / Quito - Ecuador		
Item	Material	Unidad	Cantidad	Dimensiones	V.Unitario/kg	V.Total
1	Acero ASTM A572 GRADO 50	KG	20000	Plancha 1.22*2.44*5	\$ 1.75	\$35,000.00
2	Acero ASTM A572 GRADO 65	KG	20000	Plancha 1.22*2.44*5	\$ 1.80	\$36,000.00
					SUB-TOTAL	\$71,000.00
					12% DE IVA	\$1,200.00
					TRANSPORTE	\$300.00
					TOTAL	\$72,500.00

Anexo 12: Cotizaciones para la compra de materiales

Fuente: Departamento de compras SIDEC S.A.