



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AUTOMOTRIZ

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO
PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD
DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS
ARMADAS ESPE.

AUTORES: DAVID ALEJANDRO NARVÁEZ ZURITA
HENRY PAÚL TIBÁN FREIRE

DIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS
CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ

LATACUNGA

2015

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

CERTIFICADO

ING. FÉLIX MANJARRÉS (DIRECTOR)

ING. MAURICIO CRUZ (CODIRECTOR)

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**” realizado por David Alejandro Narváez Zurita Y Henry Paúl Tibán Freire, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple con las normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de investigación que contribuirá a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional de nuestros alumnos, se recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto en el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat (pdf). Autorizan a: **DAVID ALEJANDRO NARVÁEZ ZURITA** y **HENRY PAÚL TIBÁN FREIRE**, que lo entreguen al **ING. JUAN CASTRO CLAVIJO**, en su calidad de Director de Carrera.

Latacunga, Mayo del 2015.

Ing. Félix Manjarrés
DIRECTOR

Ing. Mauricio Cruz
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Narváez Zurita David Alejandro

Tibán Freire Henry Paúl

DECLARAMOS QUE:

El proyecto de grado denominado “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**”, ha sido desarrollado en base a una investigación, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan el pie de las páginas correspondiente, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Mayo del 2015.

David Alejandro Narváez Zurita
C.C.: 180477782-7

Henry Paúl Tibán Freire
C.C.:180453081-2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE

CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ

*

AUTORIZACIÓN

Yo, Narváez Zurita David Alejandro y
Tibán Freire Henry Paúl

Autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Mayo del 2015.

David Alejandro Narváez Zurita
C.C.: 180477782-7

Henry Paúl Tibán Freire
C.C.:180453081-2

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mis padres ya que a través del ejemplo y buenos consejos me han ayudado a cumplir esta meta apoyándome sobre todo en los momentos más difíciles demostrándome que con perseverancia se logra todo lo que se propone.

David Alejandro Narváez Zurita

DEDICATORIA

A los visionarios, a los emprendedores, a los líderes, a los empresarios, a los que día a día tienen la convicción de ayudar a los demás y hacer posible que se cumplan muchos sueños, a los que no se rinden, a los que salen cada día a hacer de este un mundo mejor.

Henry Paúl Tibán Freire

AGRADECIMIENTO

El más grato agradecimiento a mis tutores de tesis que han sabido dedicarnos el tiempo necesario para compartir sus conocimientos en el proyecto, siendo de gran importancia para culminar la carrera.

A todos mis compañeros y amigos por todo el apoyo brindado a lo largo de toda la carrera, ya que con trabajo en equipo fue mucho más fácil lograr este objetivo.

David Alejandro Narváez Zurita

AGRADECIMIENTO

A Dios por permitirme ser inspiración y ejemplo para muchas personas.

A mis Padres por ser luz y ejemplo en mi vida.

Al Sr. Guillermo Osorio por enfocar mi vida en el mundo empresarial.

Al Sr. Guillermo Santos y al equipo de baloncesto del colegio Victoria Vásquez Cuvi por desarrollarme como líder y jugador.

Al Ing. Luis Mena y al Ing. Julio Acosta por desarrollar mi lado humano como estudiante y profesional.

A Diana Castro por ser un apoyo incondicional.

A Francisco, Mario, Iván, Cristian, David, Milton, Martin, Wilson, Félix, Melina, Jorge por ser compañeros y amigos en esta etapa universitaria.

A todas las personas que de una u otra forma apoyaron para mi crecimiento y desarrollo como persona, líder, profesional, y empresario.

Henry Paúl Tibán Freire

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA	i
CERTIFICADO	ii
AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD	iii
AUTORIZACIÓN	iv
DEDICATORIA	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
AGRADECIMIENTO	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
ÍNDICE DE TABLAS	xvi
ÍNDICE DE FIGURAS	xviii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xxiii
RESUMEN	xxiv
ABSTRACT	xxv
PRESENTACIÓN	xxvi
CAPÍTULO I	1
GENERALIDADES	1
1.1. Generalidades	1
1.2. Descripción resumida del proyecto	1
1.3. Situación inicial del problema	2
1.4. Situación final del problema.....	2
1.5. Antecedentes	2
1.6. Justificación e importancia.....	3
1.7. Objetivos	3

- 1.7.1. Objetivo general 3
- 1.7.2. Objetivos específicos..... 3
- CAPÍTULO II 5**
- MARCO TEÓRICO 5**
- 2.1. El transporte pesado..... 5
- 2.2. Características de estructuras para transporte pesado..... 5
- 2.3. Tipos de estructuras aplicables al transporte pesado 6
 - 2.3.1. Semirremolque cama baja 6
 - 2.3.2. Semirremolque tolva 8
 - 2.3.3. Semirremolque sider para carga general 9
 - 2.3.4. Semirremolque tipo cama alta..... 10
 - 2.3.5. Semirremolque tanque para combustible 11
 - 2.3.6. Semirremolque biextensible 12
- 2.4. Ventajas y desventajas de los tipos de estructuras de transporte pesado 12
- 2.5. Diseños internacionales..... 14
- 2.6. Diseños nacionales 14
- 2.7. Normas que rigen el diseño y construcción de estructuras para transporte pesado 15
- 2.8. La casa de la calidad 18
- CAPÍTULO III 19**
- DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 19**
- 3.1. Consideraciones para determinación de las especificaciones 19
- 3.2. Voz del usuario..... 19
- 3.3. Voz del ingeniero 20
- 3.4. Análisis de resultados de la casa de la calidad 22
- 3.5. Conclusiones de la casa de la calidad 22

3.6.	Especificaciones técnicas	23
3.7.	Definición y diseño conceptual	24
3.7.1.	Análisis funcional	24
3.7.2.	Definición de la función.....	24
3.8.	Definición modular	26
3.8.1.	División modular del conjunto	27
3.9.	Soluciones para los módulos	28
3.9.1.	Módulo 1.....	28
	a. Asegurar el sistema	28
	b. Asegurar y desasegurar carga	32
	c. Quitar la seguridad de la carga	35
3.9.2.	Módulo 2.....	35
	a. Transportar carga	36
	b. Soportar carga	39
	c. Bajar carga.....	42
3.10.	Análisis de las soluciones.....	42
3.10.1.	Soluciones al módulo 1.....	42
3.10.2.	Soluciones al módulo 2.....	43
3.11.	Selección de la alternativa	43
3.11.1.	Selección de alternativa módulo 1	43
3.11.2.	Selección de alternativa módulo 2	46
	CAPÍTULO IV.....	49
	CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PERFILES.....	49
4.1.	Determinación de las cargas	49
4.1.1.	Carga muerta.....	49
4.1.2.	Carga viva	51

4.1.3.	Carga transportada.....	51
4.1.4.	Cargas accidentales	52
a.	Cargas de viento.....	52
b.	Carga de impacto.....	54
4.1.5.	Cargas según el punto de aplicación	55
a.	Cargas puntuales.....	55
b.	Cargas distribuidas	55
4.2.	Escenarios de trabajo	55
4.3.	Estimación del escenario de trabajo	56
4.3.1.	Hipótesis 1.....	56
4.3.2.	Hipótesis 2.....	57
4.3.3.	Hipótesis 3.....	57
4.3.4.	Hipótesis 4.....	58
4.4.	Restricciones.....	58
4.5.	Pre procesamiento	59
4.5.1.	Risa 3D.....	59
4.6.	Selección de material	61
4.7.	Análisis vectorial.....	63
4.7.1.	Cálculo factor de seguridad risa	63
a.	Larguero	63
b.	Travesaño.....	69
4.8.	Solidworks	74
4.9.	Consideraciones previas al análisis por elementos finitos	75
4.9.1.	Discretización	76
4.9.2.	Mallado.....	77
4.9.3.	Convergencia	77

4.9.4.	Comsol	78
4.10.	Post procesamiento	80
4.11.	Plato de giro	83
4.12.	Diseño de la soldadura	85
4.12.1.	Soldadura por arco eléctrico con electrodo revestido (smaw)	85
4.12.2.	Material de aporte.....	86
	a. Electrodo e-6011.....	87
	b. Electrodo e-6013.....	88
	c. Electrodo e-7018.....	89
4.12.3.	Factor de seguridad de elementos soldados	89
	a. Suelda en los largueros, electrodo e7018	90
	b. Suelda en los travesaños, electrodo e7018.....	93
	c. Suelda del king pin con el plato de giro, electrodo 7018.....	95
4.13.	Análisis de resultados.....	96
	CAPÍTULO V.....	98
	PROCESO DE MANUFACTURA.....	98
5.1.	Consideraciones previas al proceso de manufactura.....	98
5.2.	Determinación de los diagramas de procesos	98
5.2.1.	Operaciones tecnológicas	98
5.2.2.	Cursograma sinóptico de la construcción	99
	a. Desarrollo del larguero para el chasis (2 veces)	100
	b. Desarrollo para travesaño (24 veces)	101
	c. Desarrollo para separador (5 veces)	101
	d. Desarrollo de orificios para travesaños en larguero (48 veces)	102
	e. Desarrollo laterales junto a travesaños (6 veces).....	102
	f. Desarrollo de talanquera.....	103

g. Desarrollo base para king pin.....	104
h. Desarrollo perfil soporte para plancha.....	105
i. Desarrollo sujetadores de carga.....	105
j. Desarrollo guardachoque	106
5.2.3. Cursograma de montaje	106
a. Diagrama	107
5.3. Selección de herramientas	107
5.3.1. Tecnología de la construcción	107
5.4. El proceso de manufactura de la estructura.....	108
5.4.1. Largueros	109
5.4.2. Separadores.....	111
5.4.3. Travesaños.....	112
5.4.4. Talanquera	113
5.4.5. Soportes de plancha corrugada.....	114
5.4.6. Base king pin.....	115
5.4.7. Plancha corrugada	116
5.4.8. Guardachoque.....	117
5.4.9. Sujetadores de carga.....	118
5.5. El proceso de soldadura	119
CAPÍTULO VI.....	123
PROTOCOLO DE PRUEBAS Y COSTOS	123
6.1. Escenario de las pruebas	123
6.1.1. Características del escenario.....	123
6.2. Pruebas de campo	123
6.2.1. Pruebas de dimensiones	124
6.2.2. Pruebas de carga	124

a.	Pruebas de semirremolque sin carga.....	124
b.	Pruebas de semirremolque con carga.....	125
6.2.3.	Pruebas de soldadura.....	125
6.3.	Conclusiones al protocolo de pruebas	126
6.4.	Costos	126
6.4.1.	Materiales	126
6.4.2.	Soldadura y otros	128
6.4.3.	Mano de obra	128
6.4.4.	Costos de diseño.....	128
6.4.5.	Costos varios.....	129
6.4.6.	Costo total del proyecto	130
	CAPÍTULO VII.....	131
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	131
7.1.	Conclusiones.....	131
7.2.	Recomendaciones.....	132
	BIBLIOGRAFÍA.....	134
	NETGRAFÍA.....	136
	ANEXOS.....	137
Anexo A	Especificaciones de perfiles estructurales y planchas	
Anexo B	Reglamento de Pesos y dimensiones	
Anexo C	Plano	
Anexo D	Artículo	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Partes de semirremolque cama baja	7
Tabla 2.2	Partes de semirremolque tolva	8
Tabla 2.3	Partes de semirremolque sider para carga general	9
Tabla 2.4	Partes de semirremolque tipo cama alta.....	10
Tabla 2.5	Partes de semirremolque tanque para combustible.....	12
Tabla 3.1	Conclusiones de la Casa de la Calidad.....	22
Tabla 3.2	Especificaciones técnicas.....	23
Tabla 3.3	Evaluación de criterios para módulo 1	44
Tabla 3.4	Evaluación de solución de seguridad	44
Tabla 3.5	Evaluación de solución de señalética.....	44
Tabla 3.6	Evaluación de solución de alta fiabilidad	45
Tabla 3.7	Evaluación de solución de facilidad de colocación.....	45
Tabla 3.8	Evaluación de solución de precio.....	45
Tabla 3.9	Conclusiones de soluciones para el módulo 1	45
Tabla 3.10	Evaluación de criterios para módulo 2	46
Tabla 3.11	Evaluación de solución de protección	46
Tabla 3.12	Evaluación de solución de funcionalidad	47
Tabla 3.13	Evaluación de solución de análisis mediante software.....	47
Tabla 3.14	Evaluación de solución de desperdicio	47
Tabla 3.15	Evaluación de solución de precio.....	47
Tabla 3.16	Conclusiones de soluciones para el módulo 2.....	48
Tabla 4.1	Elementos de plataforma para semirremolque tipo cama alta	50
Tabla 4.2	Peso de elementos para semirremolque tipo cama alta	50

Tabla 4.3	Características de material.....	62
Tabla 4.4	Tamaño mínimo de soldadura de filete	90
Tabla 4.5	Análisis de las fuerzas resultantes en el larguero	96
Tabla 4.6	Análisis de las fuerzas resultantes en el travesaño	96
Tabla 4.7	Análisis de tensión von Mises en el larguero	96
Tabla 4.8	Análisis de tensión von Mises en el travesaño	97
Tabla 4.9	Análisis de diseño de soldadura en largueros.....	97
Tabla 4.10	Análisis de diseño de soldadura en travesaños.....	97
Tabla 5.1	Operaciones tecnológicas	99
Tabla 5.2	Simbología	99
Tabla 5.3	Operaciones de montaje.....	106
Tabla 5.4	Máquinas y equipos.....	108
Tabla 6.1	Dimensiones controladas por (MTOPE)	124
Tabla 6.2	Pruebas de soldadura	125
Tabla 6.3	Costos de materiales.....	127
Tabla 6.4	Costos de soldadura y otros	128
Tabla 6.5	Costos de mano de obra	128
Tabla 6.6	Costos de diseño	129
Tabla 6.7	Costos varios	129
Tabla 6.8	Costo total del proyecto	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1	Remolque acoplable	5
Figura 2.2	Semirremolque cama baja	7
Figura 2.3	Semirremolque tolva	8
Figura 2.4	Semirremolque sider	9
Figura 2.5	Semirremolque tipo cama alta.....	10
Figura 2.6	Semirremolque tanque para combustible	11
Figura 2.7	Descripción de tipo de semirremolque.....	16
Figura 2.8	Clasificación de semirremolque con tracto camión.....	17
Figura 3.1	Nivel 0 de la función.....	25
Figura 3.2	Nivel 1 de la función.....	26
Figura 3.3	División modular del conjunto.....	28
Figura 3.4	Calzo de seguridad	29
Figura 3.5	Caballete estabilizador	30
Figura 3.6	Gato estabilizador.....	31
Figura 3.7	Cintas de trincaje.....	33
Figura 3.8	Cadenas.....	34
Figura 3.9	Correas STS.....	35
Figura 3.10	Plataforma tipo cama alta con caravana	36
Figura 3.11	Plataforma sin accesorios.....	37
Figura 3.12	Puertas abatibles.....	38
Figura 3.13	Semirremolque geometría internacional.....	39
Figura 3.14	Propuesta de diseño de plataforma.....	40
Figura 3.15	Semirremolque de geometría nacional	41

Figura 3.16	Solución al módulo 1.....	42
Figura 3.17	Solución al módulo 2.....	43
Figura 4.1	Cargas puntuales	55
Figura 4.2	Cargas distribuidas.....	55
Figura 4.3	Cargas distribuidas en hipótesis 1	56
Figura 4.4	Cargas distribuidas en hipótesis 2.....	57
Figura 4.5	Cargas distribuidas en hipótesis 3.....	57
Figura 4.6	Cargas distribuidas en hipótesis 4.....	58
Figura 4.7	Análisis de posición de líneas de largueros y travesaños	59
Figura 4.8	Ubicación de perfiles para largueros y travesaños	60
Figura 4.9	Colocación de fuerzas en largueros y travesaños	60
Figura 4.10	Momento flector en la estructura.....	61
Figura 4.11	Selección de material para estructura.....	62
Figura 4.12	Cálculo momento de inercia en el larguero respecto al eje Y	64
Figura 4.13	Hipótesis 1, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y	64
Figura 4.14	Hipótesis 1, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z	65
Figura 4.15	Hipótesis 2, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y	65
Figura 4.16	Hipótesis 2, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z	66
Figura 4.17	Hipótesis 3, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y	66
Figura 4.18	Hipótesis 3, Análisis del momento flector máximo en el larguero	

	respecto al eje Z	67
Figura 4.19	Hipótesis 4, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y	67
Figura 4.20	Hipótesis 4, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z	68
Figura 4.21	Hipótesis 1, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y	69
Figura 4.22	Hipótesis 1, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z	70
Figura 4.23	Hipótesis 2, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y	70
Figura 4.24	Hipótesis 2, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z	71
Figura 4.25	Hipótesis 3, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y	71
Figura 4.26	Hipótesis 3, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z	72
Figura 4.27	Hipótesis 4, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y	72
Figura 4.28	Hipótesis 4, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z	73
Figura 4.29	Diseño de la plataforma sin plancha corrugada	74
Figura 4.30	Diseño de plataforma terminada	75
Figura 4.31	Diseño de la plataforma con accesorios	75
Figura 4.32	Mallado del larguero	77

Figura 4.33	Relación número de elementos-real	78
Figura 4.34	Designación del material al larguero	78
Figura 4.35	Asignación de puntos de apoyo	79
Figura 4.36	Ubicación de carga.....	79
Figura 4.37	Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 1	80
Figura 4.38	Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 2	80
Figura 4.39	Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 3	81
Figura 4.40	Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 4	81
Figura 4.41	Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 1	82
Figura 4.42	Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 2-3.....	82
Figura 4.43	Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 4	83
Figura 4.44	Plato de giro y sentido de fuerzas horizontales.....	83
Figura 4.45	Componentes de la soldadura Smaw	86
Figura 4.46	Designación de electrodos según la AWS	87
Figura 4.47	Soldadura a Filete	90
Figura 4.48	Dimensiones para área de garganta	91
Figura 5.1	Área de trabajo	98
Figura 5.2	Materiales para la construcción de los largueros	109
Figura 5.3	Medición de planchas laminadas.....	109
Figura 5.4	Plancha cortada para el perfil de larguero.....	110
Figura 5.5	Comprobación de perpendicularidad para perfil del larguero	110
Figura 5.6	Platina fijada perpendicularmente a la plancha laminada en la parte inferior	110
Figura 5.7	Colocación de cadena para fijar la platina en la parte superior de la plancha laminada	111

Figura 5.8	Colocación de separadores de largueros.....	111
Figura 5.9	Corte de perfil para travesaños.....	112
Figura 5.10	Medición para perforación en el larguero.....	112
Figura 5.11	Montaje de los travesaños en el larguero	113
Figura 5.12	Estructura con travesaños y laterales ubicados.....	113
Figura 5.13	Acoplamiento de perfil con plancha laminada para talanquera	113
Figura 5.14	Talanquera de la estructura.....	114
Figura 5.15	Colocación de soportes para plancha.....	114
Figura 5.16	Estructura previa a la colocación de las planchas corrugadas	115
Figura 5.17	Perfiles internos para base de King pin	115
Figura 5.18	Plancha laminada para King pin	116
Figura 5.19	Plancha corrugada, vista inferior	116
Figura 5.20	Plancha corrugada, vista exterior	116
Figura 5.21	Perfiles para guardachoque.....	117
Figura 5.22	Guardachoque	117
Figura 5.23	Sujetadores de carga.....	118
Figura 5.24	Platina de contorno	118
Figura 5.25	Estructura para semirremolque.....	119
Figura 5.26	Soldadura en el larguero.....	120
Figura 5.27	Soldadura de platina superior de larguero	120
Figura 5.28	Soldadura en la talanquera.....	121
Figura 5.29	Soldadura de plancha corrugada.....	121
Figura 5.30	Soldadura de sujetadores de carga.....	122
Figura 6.1	Prueba de semirremolque con carga	125

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 4.1	51
Ecuación 4.2.....	52
Ecuación 4.3.....	54
Ecuación 4.4.....	54
Ecuación 4.5.....	63
Ecuación 4.6.....	63
Ecuación 4.7.....	63
Ecuación 4.8.....	84
Ecuación 4.9	84
Ecuación 4.10	84
Ecuación 4.11.....	91
Ecuación 4.12.....	95

RESUMEN

El presente proyecto tiene por objetivo elaborar un estudio técnico que fundamente los procesos de diseño y construcción de una plataforma tipo cama alta, con base en normas y leyes de transporte establecidas en nuestro país. En el país la mayoría de plataformas tipo cama alta son fabricadas de forma empírica. Para comenzar se debe analizar modelos ya existentes en el país de manera que se determine requerimientos y necesidades que se presentan en el diseño y construcción de semirremolques de este tipo. En este proyecto se recopila los requerimientos del usuario y se las lleva a términos ingenieriles para plantear y evaluar alternativas de diseño que satisfagan estas necesidades. El diseño del semirremolque tipo cama alta de este proyecto usa softwares especializados de versión estudiantil con el objetivo de realizar pruebas de resistencia de materiales donde existe mayor concentración de esfuerzos garantizando así la capacidad de carga. Además el diseño debe cumplir con normas establecidas en el país por el que ha de circular. El semirremolque tipo cama alta está destinado para el uso de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga y la Escuela de Conducción Profesional ya que mejora el transporte vehicular pesado.

PALABRAS CLAVE:

- **TRANSPORTE PESADO**
- **PLATAFORMA TIPO CAMA ALTA**
- **SEMIRREMOLQUE**

ABSTRACT

This research work is aimed to develop a technical study that supports the design and construction processes about a high platform bed type, based on transport rules and laws established in our country. In the country the majority of the platforms are manufactured in an empirically way. To start it should be analyzed the existing models in the country to determine the needs and requirements that are presented in the design and construction of these types of semitrailers. In this research work the user requirements is collected and direct to engineering terms to set and evaluate design alternatives in order to satisfy these needs. The design of the semitrailer of this research work is applied a student software version with the aim of testing the resistance of materials where there is a higher concentration of effort that are guaranteed to the freight capacity. Besides that, the design must fulfill the established standards in the country where it will be part. The bed semitrailer type is focused to be used by the “ESPE University in Latacunga” and “The professional driver school” in order to improve the heavy vehicular transport.

KEYWORDS:

- **HEAVY TRANSPORT**
- **HIGH PLATFORM BED TYPE**
- **TRAILER**

PRESENTACIÓN

El proyecto “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE”. Es un material de investigación y sustento de diseño, elaboración de planos y construcción de la estructura para este tipo de plataforma que busca ser un referente a fin de contribuir con empresas que se dedican a esta actividad.

El capítulo 1 detalla generalidades, antecedentes y objetivos que justifican la importancia de elaboración que plantea el presente proyecto.

El capítulo 2 comprende el marco teórico, con información acerca de los tipos de estructuras para semirremolque, además contiene normas establecidas en el país por la que ha de circular la plataforma.

El capítulo 3 plantea las necesidades del usuario y estas son llevadas a términos ingenieriles, siendo esto una base fundamental para el diseño.

El capítulo 4 muestra el diseño realizado mediante softwares de versión estudiantil y resultados obtenidos.

El capítulo 5 muestra la tecnología de construcción utilizada durante todo el proceso, se detalla mediante diagramas que especifican tiempos y operaciones.

El capítulo 6 detalla las pruebas realizadas sobre la estructura para comprobar su resistencia en funcionamiento y los costes de la elaboración del proyecto.

CAPÍTULO I GENERALIDADES

1.1. GENERALIDADES

El transporte por semirremolque reduce el esfuerzo del motor del vehículo y permite transportar mayores cantidades de carga, además de contar con el acople y desacople inmediato del vehículo.

En la actualidad al momento de elegir un semirremolque existe un gran porcentaje de construcciones realizadas sin un previo diseño por parte de las empresas constructoras; lo que consecuentemente podría desencadenar en sobrecargas, accidentes, selección inapropiada de materiales y problemas con permisos de operación.

De este modo se mejorará el transporte en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga y servirá de material didáctico a la Escuela de Conducción Profesional.

1.2. DESCRIPCION RESUMIDA DEL PROYECTO

El diseño y construcción de una estructura para una plataforma tipo cama alta de dos ejes con capacidad de 15 toneladas para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga pretende aprovechar al máximo la función que puede brindar un semirremolque de estas características al tener capacidad de acoplarse a cualquier tipo de cabezal. El diseño del semirremolque tipo cama alta es un factor importante para la ejecución de este proyecto, tanto es así que existen distintos tipos de semirremolques en el mercado, por lo cual la teoría de dicho diseño se basará principalmente en analizar la resistencia de los materiales, en lo cual se halla implícito la geometría y dimensiones necesarias para el soporte de cargas. El material para el diseño de la

estructura metálica será seleccionado bajo normas y códigos que cumplen las empresas productoras de estos recursos.

Los análisis y pruebas computacionales serán realizados mediante la utilización de softwares especializado en versiones estudiantiles.

1.3. SITUACIÓN INICIAL DEL PROBLEMA

En la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga, por razones operativas en muchos casos, se requiere transportar cargas que oscilan entre las 10 y 15 toneladas, lo cual en la actualidad genera un problema en los procesos de la logística de la institución.

1.4. SITUACIÓN FINAL DEL PROBLEMA

Mediante el presente proyecto se implementará un sistema capaz de permitir el desarrollo de las actividades de transporte necesarias en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

1.5. ANTECEDENTES

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga posee un cabezal para realizar múltiples actividades, dicho vehículo está diseñado para remolcar distintos tipos de estructuras de semirremolque de acuerdo a las necesidades de la institución, este requerimiento ha conllevado a diseñar una plataforma tipo cama alta cuyas dimensiones sean apropiadas para dicho vehículo con el fin de satisfacer la necesidad de transportar objetos de pesos considerables, de forma segura y eficiente, además de contar con el acople y desacople inmediato del vehículo. En el presente caso, la plataforma será de tipo cama alta apta para cargar contenedores y otros tipos de carga existentes en la institución como maquinarias que posee en sus laboratorios.

Además el semirremolque sirve como herramienta de aprendizaje a los estudiantes de la escuela de conducción profesional y de la carrera de ingeniería automotriz en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga.

1.6. JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

Este proyecto se constituye en una memoria técnica que fundamente el proceso de diseño y por ende garantice la construcción de una plataforma tipo cama alta, basado en normas y leyes de transporte establecidas en el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas). Será un referente a fin de contribuir con empresas que se dedican al diseño y construcción de plataformas, en virtud que en el medio productivo la mayoría de personas realizan esta labor de forma empírica. Además se pretende que el diseño del semirremolque sea una solución dirigida hacia las compañías de transporte de contenedores ya que se cubrirá la demanda en función de la optimización de espacios e incremento de capacidad de carga, con el fin de hacer productivos los procesos de operación.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar y construir un remolque tipo plataforma cama alta de dos ejes con capacidad de 15 toneladas para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga en base a normas y leyes de transporte establecidas en el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

1.7.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las necesidades institucionales a satisfacerse mediante el Diseño y construcción una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Constituir los diagramas funcionales y modulares del sistema de plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.

- Plantear alternativas de solución a partir de las cuales se seleccione el sistema idóneo para cubrir la necesidad de una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Diseñar una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Construir una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Establecer y ejecutar un protocolo de pruebas que permita abalizar los procesos de diseño y construcción de una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.
- Analizar los costos que se involucran los costos una plataforma de 2 ejes con capacidad para 15 toneladas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. EL TRANSPORTE PESADO

La razón principal del transporte pesado es la optimización de tiempo, recursos, y dinero, al poder transportar volúmenes considerables de carga como: materia prima para fábricas, alimentos, productos de primera necesidad en un solo traslado, esta práctica en varios países es una base fundamental para mantener activa la economía mundial.

El transporte terrestre se realiza de manera cotidiana al momento de llevar contenedores desde puertos de embarques acuáticos, ferroviarios y aéreos a múltiples puntos de distribución dentro de distintas ciudades en el momento y destino requerido.



Figura 2.1 Remolque acoplable

Fuente: <http://www.canstockphoto.com.br/caminh%C3%A3o-4464143.html>

2.2. CARACTERÍSTICAS DE ESTRUCTURAS PARA TRANSPORTE PESADO

En la actualidad las ventajas que ofrece el uso de semirremolques para el transporte pesado es un factor importante para que exista un incremento considerable en la construcción de dichas estructuras.

Este tipo de estructuras diseñadas para transportar una capacidad de carga considerable deben principalmente resistir tanto las prestaciones del ambiente, peso propio de la estructura normada, así como el peso adicional neto del contenedor al momento de ser cargada.

A continuación, algunas de las características de las estructuras para transporte pesado:

- Construidas en base a normas y con materiales existentes en el mercado.
- Homogeneidad en la estructura.
- Larga vida útil de la estructura a través del tiempo.
- Rápido acople y desacople a cualquier cabezal que exista en nuestro medio.
- Menor peso neto de la estructura para no forzar al motor del vehículo.
- Facilidad constructiva.
- Ductilidad de la estructura para evitar fallas prematuras.
- Seguridad, confiabilidad, estabilidad y adherencia sin ocasionar riesgos.
- Transportar contenedores diseñados según la norma ISO 6346 como también innumerables tipos de cargas en su amplio espacio abierto. (Container, 2013)
- El tipo de geometría del semirremolque tipo cama alta es más simple con relación a otros semirremolques.

2.3. TIPOS DE ESTRUCTURAS APLICABLES AL TRANSPORTE PESADO

2.3.1. SEMIRREMOLQUE CAMA BAJA

Estructura diseñada para el transporte de maquinaria pesada debido a su robustez y bajo centro de gravedad.

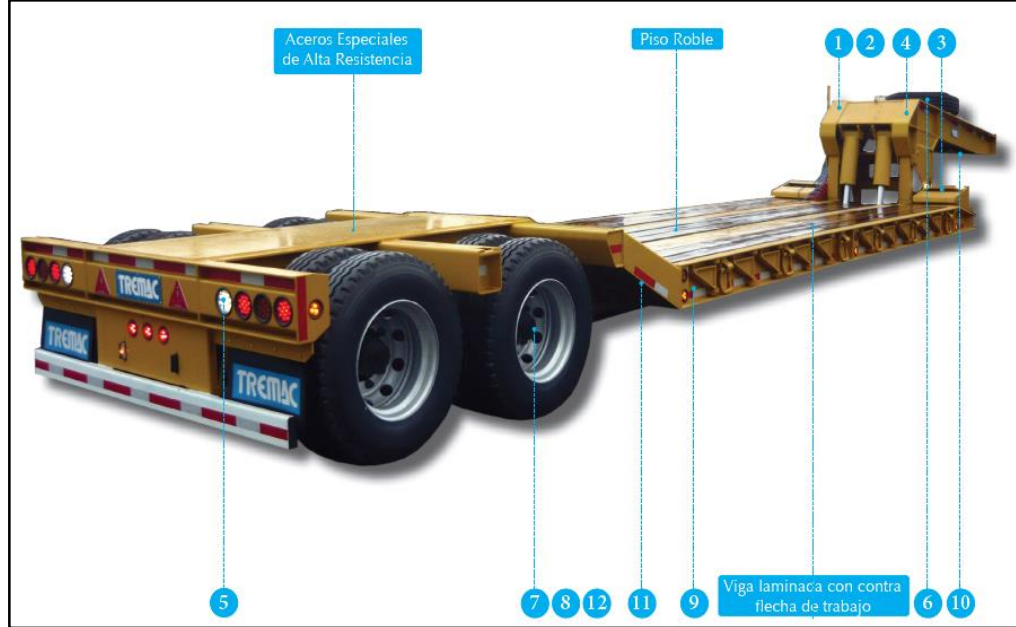


Figura 2.2 Semirremolque cama baja

Fuente: http://www.tremac.cl/nuestros-equipos/1_semirremolque-cama-baja/20_cama-baja-35t

Tabla 2.1

Partes de semirremolque cama baja

1. Cuello desmontable	7. Balata de freno
2. Acople rápido	8. Rodamientos
3. Rampa de acceso de carga	9. Ganchos de amarre y aletas articuladas
4. Caja de herramientas	10. King Pin
5. Sistema eléctrico	11. Teleras laminadas
6. Porta repuestos	12. Suspensión mecánica

Fuente: (TREMAM, 2014)

Estructura Chasis:

- Vigas, doble "T".
- Teleras, Vigas doble "T", perfiles laminados sobre la estructura de la plataforma.
- Piso, Metálico o de madera.

- King Pin, Apernado o soldado. (TREMAM, 2014)

2.3.2. SEMIRREMOLQUE TOLVA

Estructura diseñada para el transporte de áridos de pequeña o gran envergadura u otras aplicaciones de productos. Su trabajo se desarrolla tanto dentro como fuera de carretera. (TREMAM, 2014)



Figura 2.3 Semirremolque tolva

Fuente:http://www.tremac.cl/nuestros-equipos/4_semirremolque-tolva/10_granelero

Tabla 2.2

Partes de semirremolque tolva

1. Sistema Eléctrico.	6. Seguro de caja.
2. Cierre neumático.	7.Rodamientos
3. Piso curvo.	8.Balata de freno
4. Tanque para agua.	9.Suspensión neumática
5. Porta repuesto frontal.	10. Configuración de ejes.

Fuente: (TREMAM, 2014)

Estructura Chasis:

- Vigas, doble “T”.
- King Pin, Apernado o soldado.
- Gata de apoyo.

2.3.3. SEMIRREMOLQUE SIDER PARA CARGA GENERAL

Estructura diseñado para el transporte de carga general paletizada por carretera.



Figura 2.4 Semirremolque sider

Fuente: http://www.tremac.cl/nuestros-equipos/6_semirremolque-sider/34_semirremolque-euro-sider

Tabla 2.3

Partes de semirremolque sider para carga general

1. Puertas traseras abatibles	7. Porta repuestos laterales
2. Techo lonado	8. Fijación pilares apernados
3. Sistema eléctrico	9. Teleras
4. Tanque para agua	10. Suspensión neumática
5. King Pin	11. Estructura acero aluminio
6. Caja de herramientas	12. Cortina lateral reforzada

Fuente: (TREMAC, 2014)

Estructura Chasis:

- Vigas, Doble “T” con alma troquelada para instalación de teleras, perfiles de sección especial para travesaños.
- Piso, diamantada.
- King Pin, Apernado o soldado.
- Gato de poyo.

2.3.4. SEMIRREMOLQUE TIPO CAMA ALTA

Estructura diseñada para el transporte de carga general por carretera.



Figura 2.5 Semirremolque tipo cama alta

Fuente: http://www.tremac.cl/nuestros-equipos/5_semirremolque-plano/11_semirremolque-plano-3-ejes-carga-general

Tabla 2.4

Partes de semirremolque tipo cama alta

1. Frontal desmontable	7. Teleras alas delta
2. Sistema eléctrico	8. Suspensión neumática de levante
3. Tanque para agua	9. Rodamientos
4. Caja de herramientas	10. Balatas de freno
5. Porta repuestos laterales	11. Hubodómetro
6. King pin	

Fuente: (TREMATIC, 2014)

Estructura de chasis:

- Vigas, doble "T". con alma troquelada para instalación de teleras.
- Teleras, tipo ala delta.
- Piso, plancha diamantada.
- King pin, apernado o soldado.
- Gata de apoyo.

2.3.5. SEMIRREMOLQUE TANQUE PARA COMBUSTIBLE

Estructura diseñada para el transporte de líquidos.



Figura 2.6 Semirremolque tanque para combustible

Fuente: http://www.tremack.cl/nuestros-equipos/3_semirremolque-tanque/7_semirremolque-tanque-para-combustible

Tabla 2.5**Partes de semirremolque tanque para combustible**

1. Válvula interlock	8. Perno inteligente
2. Tapa válvula carga-descarga	9. Tapa válvulas recuperadora de gases
3. Válvula de emergencia	10. Válvula con visor carga-descarga
4. Enchufe óptico	11. Válvula neumática venteo
5. Sensor óptico	12. Escotilla
6. Válvula neumática venteo	13. Válvula recuperadora de gases
7. Anillo visor	14. Suspensión neumática

Fuente: (TREMAC, 2014)

Estructura Chasis:

- Vigas, Doble "T".
- King Pin, apernado o soldado.
- Gata de apoyo.

2.3.6. SEMIRREMOLQUE BIEXTENSIBLE

Semirremolque destinado a carga general y en su funcionalidad extendida, puede transportar elementos de gran longitud.

2.4. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TIPOS DE ESTRUCTURAS DE TRANSPORTE PESADO

El transporte pesado como cualquier otra actividad ha sufrido cambios e innovaciones en el transcurso del tiempo lo cual ha tenido siempre sus ventajas y desventajas algunas de las cuales son las siguientes:

Ventajas:

- Se aumenta la capacidad de carga en un solo semirremolque.

- Se requiere menos mano de obra, lo que reduce considerablemente los costes.
- Es posible el transporte puerta a puerta.
- Al transportar una gran cantidad de carga se optimizan recursos lo que conlleva a:
 - Menos deterioros.
 - Menor riesgo de robos.
 - Menos gastos de embalaje.
 - Mayor productividad laboral.
- Existe una determinada estructura para cada tipo de carga, incluyéndose cargas especiales.
- Son acoplables a los distintos tipos de cabezales existentes en el medio.
- Seguridad y eficiencia en el transporte de carga de un punto a otro.
- No requieren de un mantenimiento muy costoso y complejo.
- Al estar construido en su totalidad de acero cuenta con varias ventajas como son:
 - Alta resistencia.
 - Uniformidad.
 - Durabilidad.
 - Ductilidad.
 - Tenacidad.
 - Facilidad constructiva.

Desventajas:

- Se precisa una gran inversión inicial de capital para este tipo de estructuras.
- Se reduce su rentabilidad en caso de no hacer uso de su capacidad total de carga sobre la estructura.
- El material de su construcción tiene algunas desventajas como son:

- Susceptibilidad al pandeo.
- Corrosión.
- Susceptibilidad a fallos a flexión y compresión.
- Susceptibilidad a fallos por fatiga.

2.5. DISEÑOS INTERNACIONALES

Las estructuras de semirremolques importados que circulan en nuestro país en la actualidad son escasas a partir de que se inició el proceso de fabricación ecuatoriana, esto se debe principalmente a los altos costes de importación que esta actividad implica; en cuanto a las dimensiones no existe una variación significativa, ya que, al ser usadas principalmente para el transporte de contenedores que son normados para su uso a nivel mundial la plataforma debe cumplir con los requerimientos para transportarlos.

En lo referente a la calidad podemos mencionar que son de mejor constitución debido a la amplia gama de materiales en países desarrollados, además de contar con empresas proveedoras que usa tecnología de punta para la fabricación de elementos apropiados que optimizan los procesos de manufactura.

2.6. DISEÑOS NACIONALES

Un acto de iniciativa por parte de un grupo de emprendedores ecuatorianos da como resultado la independencia de necesidad de importación de semirremolques para el transporte de contenedores al empezarlos a construir en el país, dicha actividad ha tenido su proceso evolutivo con el pasar de los años, así por ejemplo en la actualidad existen empresas que realizan este proceso con un análisis previo pero lamentablemente este grupo corresponde a un mínimo porcentaje ya que aún se lo realiza de manera artesanal y empírica, lo que ocasiona así desperdicio de material y dimensiones inapropiadas. Esto conlleva a múltiples problemas ya que al desconocer la capacidad límite de

carga del semirremolque por parte de quien hace uso de las estructuras en la mayoría de casos proceden a sobrecargarlos teniendo como resultados problemas de resistencia de materiales y acciones que van en contra de los reglamentos vigentes en el país.

2.7. NORMAS QUE RIGEN EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS PARA TRANSPORTE PESADO

Al momento de diseñar y construir cualquier tipo de estructura móvil se debe tomar en cuenta la normativa vigente en la región por la que ha de circular, debido a que cada país cuenta con diferentes reglamentos que tienen similitudes y diferencias a ser tomados en cuenta, ya que influyen en sus dimensiones, capacidades de carga, entre otras.

Debido a que la plataforma va a circular por las vías del país, esta debe estar diseñada de acuerdo a las disposiciones y reglamentos impuestos por el MTOP, el cual informa a los Señores Transportistas de Carga Pesada, Empresas Generadoras de Carga y Público en General, que en cumplimiento al Decreto Ejecutivo No. 1137 del 19 de abril del 2012, y al Acuerdo Ministerial No. 036 de fecha 18 de mayo del 2012, está Cartera de Estado en coordinación de la Subsecretaría de Transporte Terrestre y Ferroviario, se encuentra efectuando un estricto control de pesos y dimensiones a los vehículos que transportan carga pesada y hacen uso de las carreteras de la red vial del País (MTOP, 2014)

Además de cumplir con normas dispuestas por el MTOP, para su circulación en el país las estructuras deben regirse también en lo dispuesto en el Reglamento Técnico Andino el cual está conformado por los siguientes países: Colombia, Venezuela, Perú, Ecuador y Bolivia. Dicho reglamento trata sobre Límites de Pesos y Dimensiones de los Vehículos destinados al Transporte Internacional de Pasajeros y Mercancías por Carretera, publicado en el Registro Oficial 310, de 20 de abril de 2001 – DECISIÓN 491, la misma que limita las

longitudes para cabezales, remolques y semirremolques o plataformas (Comunidad Andina, 2014).

En vista de que algunos vehículos de carga han incumplido por varios años lo tipificado en la Ley de Caminos y su Reglamento Aplicativo, causando por este motivo la destrucción de la red vial nacional y varios accidentes de tránsito se dará cumplimiento inmediato a los pesos y dimensiones máximas permitidas de acuerdo a la TABLA NACIONAL DE PESOS Y DIMENSIONES, para el presente proyecto se tomará en cuenta el tipo S2 para la estructura del semirremolque de 2 ejes:

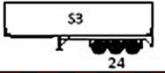



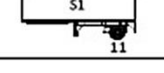

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO MÁXIMO PERMITIDO (Ton.)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
S3			24	13,00	2,60	4,10
S2			20	13,00	2,60	4,10
S1			11	13,00	2,60	4,10

Figura 2.7 Descripción de tipo de semirremolque

Fuente: http://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/08/15-07-2012_comunicado_transportistas_carga_pesada.pdf

Las dimensiones máximas permitidas para *plataformas tipo S2* publicadas por el MTOP son:

- Largo: 13.00 m
- Ancho: 2.60 m
- Altura: 4.10 m

Los pesos máximos permitidos para *plataformas tipo S2* publicadas por el MTOP son:

- Peso Bruto Vehicular: 20.00 [Ton]

TIPO	DISTRIBUCIÓN MÁXIMA DE CARGA POR EJE	DESCRIPCIÓN	PESO BRUTO VEHICULAR MÁXIMO PERMITIDO (toneladas)	LONGITUDES MÁXIMAS PERMITIDAS (metros)		
				Largo	Ancho	Alto
2S1			29	20,50	2,60	4,30
2S2			38	20,50	2,60	4,30
2S3			42	20,50	2,60	4,30
3S1			38	20,50	2,60	4,30
3S2			47	20,50	2,60	4,30
3S3			48	20,50	2,60	4,30

Figura 2.8 Clasificación de semirremolque con tracto camión

Fuente: http://www.obraspublicas.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2012/08/15-07-2012_comunicado_transportistas_carga_pesada.pdf

Las dimensiones máximas permitidas para la combinación *cabezal-plataforma tipo 3S2* publicadas por el MTOP son:

- Largo: 20.50 m
- Ancho: 2.60 m
- Altura: 4.30 m

Los pesos máximos permitidos para la *combinación cabezal-plataforma tipo 3S2* publicadas por el MTOP son:

- Peso Bruto Vehicular: 47.00 [Ton]

Las normas citadas sirven como punto de partida para la adquisición de datos esenciales a ser usados en su posterior análisis y diseño.

2.8. LA CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad sirve para establecer las especificaciones técnicas que ha de poseer la plataforma una vez conocida la exigencia por parte del usuario, facilitando la preparación previa al diseño y dicho proceso se basa en QFD (Quality function deployment).

El primer paso para el desarrollo de la casa de la calidad es entender los requerimientos del usuario; posteriormente son interpretados con un criterio técnico por parte del ingeniero. Finalmente estos términos son evaluados para cumplirse en orden jerárquico.

CAPÍTULO III

DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

3.1. CONSIDERACIONES PARA DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

El diseño de este proyecto tiene como propósito satisfacer los requerimientos de transporte pesado para la Universidad de las Fuerzas Armadas. Los medios de transporte con los que actualmente cuenta la Universidad de las Fuerzas Armadas no logran satisfacer la creciente demanda de carga pesada, por lo que se ve la necesidad de renovar su equipo de transporte con el afán de obtener una mayor movilidad.

3.2. VOZ DEL USUARIO

Una vez conocidos los requerimientos por parte del usuario, estos se detallan a continuación:

- Materiales de alta resistencia.
- Durabilidad ante las prestaciones ambientales y a las que será sometida por trabajo.
- Bajo coste de producción.
- Acoplable a distintos tipos de cabezales existentes en nuestro medio.
- Liviano para reducir el tonelaje neto del conjunto semirremolque-carga.
- Poseer las medidas adecuadas para el transporte de contenedores.
- Seguridad al momento de transportar el tonelaje mencionado

3.3. VOZ DEL INGENIERO

Una vez conocidos los requerimientos por parte del usuario, estos se traducen a especificaciones ingenieriles:

- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la fluencia.
- Tamaño perfiles.
- Peso.
- Diseño a fatiga.
- Tolerancias de fabricación.
- Rigidez estructural.
- Anticorrosivo.
- Dimensiones bajo normas.

3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LA CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad, fue elaborada tomando en cuenta las necesidades por parte del usuario que va a hacer uso directo de la estructura utilizando el proceso indicado en el texto *Diseño Concurrente*. de Carles Riba. Los resultados son los siguientes: en la fila 7 la evaluación de la seguridad de la estructura se asignado la ponderación más alta (3) debido a su fuerte relación con el resto de características; además, la columna 9 referente a dimensiones da como resultado un factor a ser considerado por el diseñador.

3.5. CONCLUSIONES DE LA CASA DE LA CALIDAD

La casa de la calidad aporta con requerimientos tanto por parte del usuario como del ingeniero para llegar a la satisfacción de las partes una vez culminado el proceso de construcción.

Los requerimientos técnicos más importantes son:

Tabla 3.1

Conclusiones de la Casa de la Calidad

Requerimientos de Construcción	Ponderación
Dimensiones	6
Diseño adaptado a la casa de la calidad	5
Diseño y Análisis mediante softwares especializados	4
Materiales	3
Peso	2
Durabilidad	1

El compromiso técnico más importante es la selección del material y el diseño en base a normas vigentes en el país autorizadas por el MTOP (Ministerio de Transporte y Obras Publicas).

3.6. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Se establece las especificaciones técnicas de la plataforma una vez que se ha estructurado la casa de la calidad y estas se muestran en la tabla 3.2 en donde se va a detallar la función que va a realizar con su limitante de carga, el tipo de material del cual está constituida tomando en cuenta su existencia en el mercado, y su cumplimiento con lo establecido en la ley del ministerio de transporte y obras públicas (MTO) en tanto a dimensionamiento.

Tabla 3.2

Especificaciones técnicas

Empresa Cliente: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L		Producto: Estructura Tipo cama con capacidad para 15 Ton.		Fecha inicial: 10/06/2014 Última revisión:
Diseñadores: David Narváez Zurita Paúl Tibán Freire				Página 1
Especificaciones				
Concepto	Fechas	Propone	R/D	Descripción
Función	10/06/2014	C	R	Estructura metálica para transporte de carga. Transportar un máximo de 15 Ton. de un punto a otro.
Dimensiones	10/06/2014	D	R	Dimensiones: 12x2, 60x4, 10m; Peso Promedio 5000kg.
Fuerzas	10/06/2014	D+C	R	Peso promedio de carga: 15Ton. Pandeo y fatiga de materiales.
Materiales	10/06/2014	F+D	R	Acero estructural A-36.
Vida útil	10/06/2014	D	R+d	1*10E6 ciclos de trabajo.
Aspectos Legales	10/06/2014	D	R	Cumple con la normativa del MTO (Ministerio de Transporte y Obras Públicas).

Propone: M = Márquetin, D = Diseño, P = Producción, F = Fabricación.

R/D: R = Requerimiento; d = Deseo, MR = Modificación de Requerimiento.

3.7. DEFINICIÓN Y DISEÑO CONCEPTUAL

3.7.1. ANÁLISIS FUNCIONAL

El análisis funcional es una técnica usada con el propósito de describir y resolver los problemas de diseño, es útil aplicar el concepto de función, que es cualquier transformación entre unos flujos de entrada y de salida. La función es, pues, una formulación abstracta de una tarea, independientemente de la solución particular que la materializa. El análisis funcional logra optimizar costos (Riba, 2002).

Para iniciar el proceso se debe tener presente las funciones primarias y secundarias que va a tener la estructura. Las funciones primarias son aquellas por las que el cliente adquiere el producto, que en este caso es la de construir una estructura metálica para un semirremolque. Las funciones secundarias son las que facilitan la ejecución de la función primaria, una vez que estas han sido establecidas se proponen opciones de solución al cumplimiento de estas funciones, para luego separar y considerar únicamente las que más se acoplen a las necesidades del usuario, finalmente deben ser estructuradas para la obtención de módulos que obligatoriamente deberán cumplir con las funciones secundarias dicho proceso se denomina diseño modular.

Usando diagramas de flujo se da a conocer las funciones del producto, cada función se ubica por niveles iniciando en cero que representa un uso general y se desarrolla de manera ascendente según el criterio del técnico según sea pertinente. Cada función usará enlaces de entrada y salida que puede ser 3 para cada una de estas.

3.7.2. DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN

Para este caso se ha estimado conveniente desarrollar el diagrama funcional con los siguientes niveles: nivel 0 y nivel 1, ya que representa en su totalidad la funcionalidad que brindará la plataforma.

La función primaria que en este caso es la de transportar carga pesada con seguridad y eficiencia de un punto a otro está representada en el nivel cero como se indica en la fig. 3.1. Se observa el material y energía como enlaces de entrada y carga transportada de un punto a otro como enlace de salida.

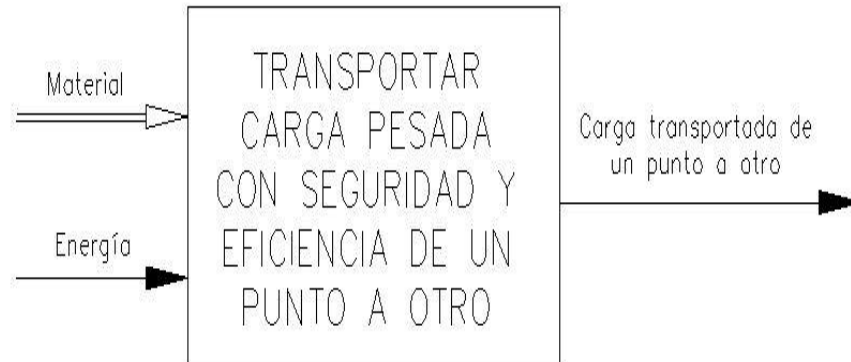


Figura 3.1 Nivel 0 de la función

El nivel 1 muestra de manera general los requerimientos deseados por el usuario trasladado a un criterio ingenieril en donde se puede notar las acciones que se desea para transportar la carga. Dichas acciones son efectuadas de manera manual notando así el flujo de energía al ingreso del diagrama.

Las funciones de asegurar y transportar la carga pesada de un punto a otro se indican en el diagrama, esto para que toda la carga quede fija sobre la estructura. El transporte de carga sobre la estructura se la realiza con ayuda de energía térmica brindada por el motor del vehículo. Otra función que queda establecida en el diagrama es quitar la seguridad de la carga una vez que ha sido trasladada para proceder a bajarla. Esta función permite dar por terminado un ciclo de trabajo para el que ha sido diseñado dicha estructura.

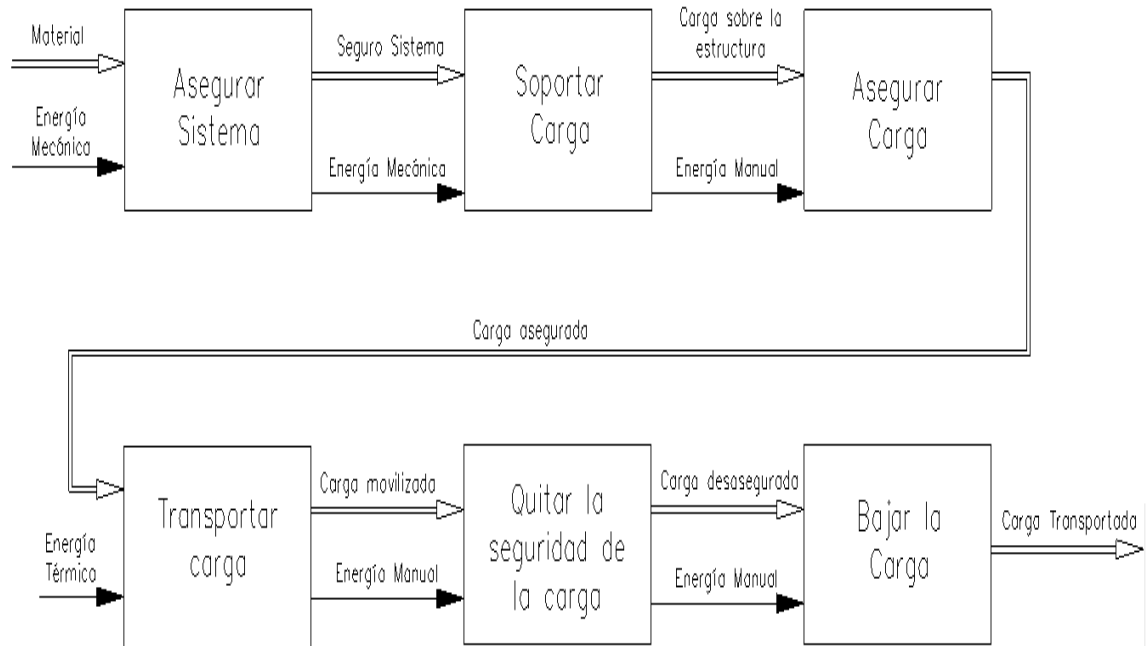


Figura 3.2 Nivel 1 de la función

Por otro lado, quedan claramente establecidos los flujos energéticos, de materiales, de energía y la relación entre las funciones. En lo que se refiere a las relaciones funcionales, el diagrama muestra información importante relacionada con la dependencia y simultaneidad de funciones.

3.8. DEFINICIÓN MODULAR

Dividir el diagrama funcional en varios bloques (módulos) constructivos es conocido como la modularidad. El diseño de la estructura tomando en cuenta la modularidad ayuda en varios aspectos tales como: facilidad de producción, reducción de costos, selección de materiales, entre otros.

Debido a que dentro del uso de la estructura se cumplen varias funciones, resulta conveniente llevar a cabo una división modular. Para esto se analiza cuidadosamente los diagramas funcionales para establecer la división más apropiada tomando en cuenta las interfaces de los flujos energéticos y de material.

Al estudiar el diagrama se pueden establecer dos conjuntos principales de funciones:

- La seguridad el momento de transportar la carga a punto de a otro que va desde la función “Asegurar sistema” hasta “Quitar la seguridad de la carga”.
- Transporte de carga. Que va desde la función “Soportar carga” hasta “Bajar carga”.

Esta primera división se ha efectuado por la relativa independencia con la que operan estos dos conjuntos de funciones. El primero de estos conjuntos se encarga de la seguridad de la carga a ser transportada sobre la estructura. El segundo tiene la tarea de transportar la carga eficientemente de un punto a otro. Se considera que existe independencia entre estos dos conjuntos ya que solamente existe una interfaz de flujo de material, lo que, en otras palabras, significa que el primer y segundo conjunto de módulos pueden operar con libertad mutua.

A continuación se prosigue con la subdivisión de estos dos conjuntos para establecer los módulos.

3.8.1. DIVISIÓN MODULAR DEL CONJUNTO

Al observar el diagrama funcional del nivel 1, se obtiene que este primer conjunto cumple dos funciones principales fácilmente identificables: asegurar y transportar, por lo que se establecen los módulos que realicen las funciones correspondientes.

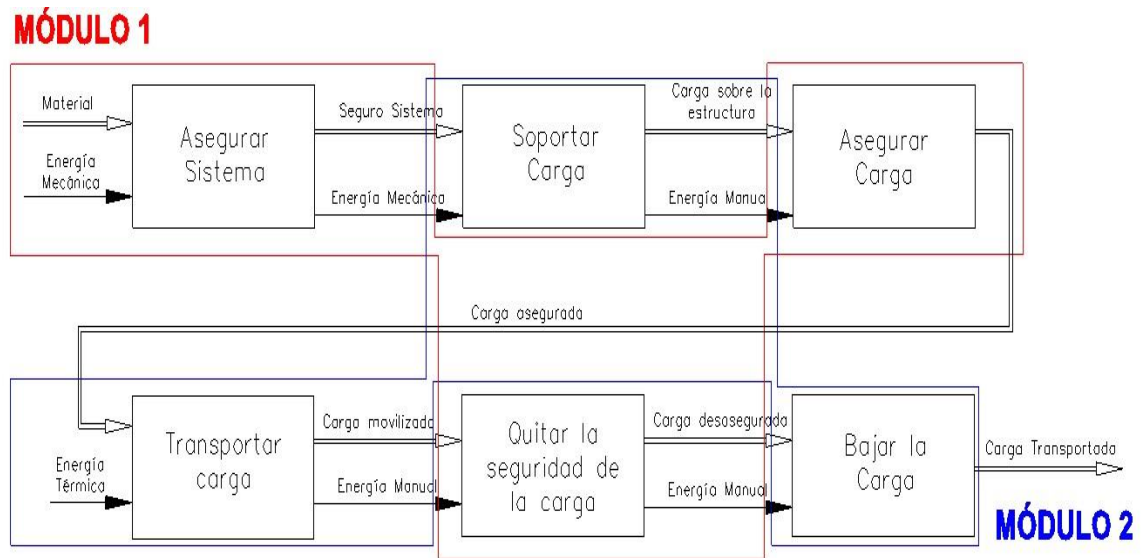


Figura 3.3 División modular del conjunto

3.9. SOLUCIONES PARA LOS MÓDULOS

3.9.1. MÓDULO 1

Este módulo cumple las siguientes funciones:

- Asegurar el sistema.
- Asegurar la carga.
- Quitar la seguridad de la carga.

A continuación se proponen posibles soluciones para cada una de estas funciones, luego combinarlas y establecer diferentes opciones de módulos.

a. Asegurar el sistema

La manera más práctica de efectuar esta tarea es inmovilizar totalmente el vehículo al que ha de estar remolcada la estructura, además debe estar en una superficie totalmente horizontal de manera que la carga sea ubicada correctamente sobre la estructura.

a.1. Calzo de seguridad.-Se puede utilizar un calzo de seguridad para rueda de camión con señalización de stop para evitar el movimiento del tráiler y

que posea una señal visual para identificar que el vehículo se encuentra inmovilizado.



Figura 3.4 Calzo de seguridad

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Inhibe cualquier movimiento de la rueda que soporta la estructura.
- Es portable.
- Fácil de colocar.
- Contiene señalética para evitar accidentes.

Desventajas

- Se necesita varios calzos para mayor seguridad.

a.2. Caballete estabilizador.- Otra manera de asegurar el sistema es ubicar un caballete estabilizador que evita el vuelco en la carga y descarga cuando el semirremolque no está acoplado al vehículo, es importante tener en

cuenta la capacidad de carga que este posea para lograr su correcta funcionalidad.



Figura 3.5 Caballete estabilizador

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Prevenir el vuelco de la estructura al momento de cargarla y descargarla.
- Su altura es regulable.
- Sus ruedas facilitan la movilidad.
- Es un cuarto apoyo en la estructura.

Desventajas

- No es portable.
- No se adapta a cualquier superficie.
- No posee señalética.
- Difícil de colocar.

a.3. Gato estabilizador.- La tercera alternativa para la seguridad del sistema es utilizar un gato estabilizador, que de igual manera evita el vuelco en

la carga y descarga cuando el semirremolque no está acoplado al vehículo, y se lo coloca en la parte delantera de la estructura donde existen menos apoyos.



Figura 3.6 Gato estabilizador

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Sus ruedas facilitan la movilidad.
- Existen distintos tipos de capacidades de carga.
- Prevenir el vuelco de la estructura al momento de cargarla y descargarla.
- Su altura es regulable.

Desventajas

- No es portable.
- No se adapta a cualquier superficie.
- No posee señalética.
- No es totalmente fiable al tratarse de un sistema hidráulico.
- Necesita mantenimiento.

b. Asegurar y desasegurar carga

Existen distintas formas de asegurar la carga las cuales difieren de acuerdo al tipo de objeto a ser transportado donde la seguridad es la parte primordial sobre todo al momento de tratarse de volumen considerable. Para esto es necesaria la utilización de herramientas especiales con el fin de permitir una correcta fijación sobre la estructura del o los elementos a ser transportados.

Dichas herramientas están construidas en base a normas europeas para lo cual el operador deberá tomar en cuenta previamente:

- Indicadores de seguridad en cuanto a longitudes.
- Cargas de trabajo.
- Capacidad de las cintas.
- Fuerza de rotura.

Las normas establecen una serie de riesgos a tener en cuenta y las pautas de seguridad para el ensayo y posterior uso de las herramientas.

A continuación se prosigue a enumerar algunas de estas herramientas:

b.1. Cintas de trincaje.- Las cintas de trincaje o cintas de amarre son fundamentales para garantizar la seguridad en el transporte de cargas, en cuanto a la calidad de los productos y el cumplimiento de las Normas Europeas correspondientes, una parte fundamental es el marcado de las eslingas y amarres textiles de acuerdo con las especificaciones de la norma europea para cada producto(Traxco, 2009).



Figura 3.7 Cintas de trincaje

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Las vibraciones y perturbaciones dinámicas a las que se ve expuesta la carga durante el transporte son reducidas por este tipo de cintas.
- Evitan el deslizamiento de la carga.
- Es liviana.
- Es portable.
- Es de fácil colocación.
- Está construida Conforme a la norma EN 12195-2 (Gómez, 2005).

Desventajas

- Se necesita más de una al poseer una longitud estándar.

b.2. Cadenas.-La segunda opción para asegurar la carga a ser transportada es la utilización de cadenas que en sus extremos van sujetadas por tensores de cadena que son utilizados para tensar y trincar las mismas con eficacia y rapidez. Estos tensores están diseñados de tal forma que se pueden operar sin gran esfuerzo con una mano. (Slingsintt, 2014)



Figura 3.8 Cadenas

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Es de fácil colocación.
- Está construida Conforme a la norma EN 12195-3 (Aenor, 2010).
- Tiene más durabilidad.

Desventajas

- Las vibraciones y perturbaciones dinámicas a las que se ve expuesta la carga durante el transporte no son reducidas por este tipo de herramientas.
- No evitan el deslizamiento de la carga.
- Son de mayor peso.
- Necesitan mantenimiento.
- Debe ser operado por alguien con conocimiento.

b.3. Correas STS.-Otra alternativa es la utilización de correas denominadas STS que consiste en un sistema de amarre de un solo uso para contenedores y mercancía voluminosa.



Figura 3.9 Correas STS

Fuente: [http://www.l-ex.es/\\$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf](http://www.l-ex.es/$-1/file/l-ex-2013-catalogo-general.pdf)

Ventajas

- Es de fácil colocación.
- Es portable.
- Evitan el deslizamiento de la carga.
- Son livianas.

Desventajas

- Es de un solo uso.
- Necesita más accesorios para su funcionalidad.

c. Quitar la seguridad de la carga

El proceso para quitar la seguridad de la carga se lo realiza desmontando las herramientas que fueron utilizadas el momento de asegurarlas sobre la estructura.

3.9.2. MÓDULO 2

Este módulo cumple las siguientes funciones:

- Transportar carga.
- Soportar carga.
- Bajar carga.

A continuación se proponen posibles soluciones para cada una de estas funciones, luego combinarlas y establecer diferentes opciones de módulos.

a. Transportar carga

a.1. Caravana.-La estructura para plataforma tipo cama alta con caravana y carpa es una de las opciones para el transporte de carga que se utiliza para movilizar alimentos en su interior al brindar una protección de algunos de los agentes ambientales como son: agua, polvo, sol.



Figura 3.10 Plataforma tipo cama alta con caravana

Fuente: <http://www.rempoz.com/>

Ventajas

- Protege la mercancía de agentes ambientales.

Desventajas

- Limita el volumen de capacidad de carga.
- Sus soportes no brindan mayor seguridad.

- El peso de sus componentes reducen la capacidad de carga a transportar.
- La carga puede ingresar por un solo lugar.
- Mayor coste por accesorios.

a.2. Plataforma sin accesorios.-La segunda alternativa es la de transportar la carga en la estructura para la plataforma tipo cama alta sin accesorios sobre su espacio útil de trabajo, con fin el de aprovechar el mismo en su totalidad al momento de movilizar cualquier tipo de objeto que se encuentre dentro de la capacidad de carga y volumen de dicha estructura.



Figura 3.11 Plataforma sin accesorios

Fuente: <http://www.rempoz.com/>

Ventajas

- Mayor área útil de carga.
- Menor peso.
- Accesibilidad total.
- Mayor funcionalidad.
- Menor coste.
- Ideal para el transporte de contenedores.

Desventajas

- Uso de herramientas especiales dependiendo el tipo de carga a transportar.

a.3. Puertas abatibles.-Otra manera de transportar la carga sobre la estructura para la plataforma tipo cama alta es la de incorporar un conjunto de puertas abatibles en el contorno de la plataforma.



Figura 3.12 Puertas abatibles

Fuente: <http://www.rempoz.com/>

Ventajas

- Protección lateral y posterior del material a ser transportado.
- Accesibilidad total de carga por sus puertas abatibles.

Desventajas

- Sus soportes no brindan mayor seguridad.
- El peso de sus componentes reducen la capacidad de carga a transportar.
- Mayor coste por accesorios.
- Funcionalidad restringida.
- Necesidad de protección para agentes ambientales.

- La estructura debe ser sofisticada para este tipo de uso, por lo que se recomienda el incremento de un eje más a la plataforma.

b. Soportar carga

b.1. Geometría internacional.- Al momento de adquirir una estructura para un semirremolque tipo cama alta de geometría internacional lo primero que debemos tomar en cuenta es el origen de su procedencia ya que este detalle por sí solo no garantiza una calidad superior a una estructura de procedencia nacional, además otro punto a ser tomado en cuenta es que las medidas cumplan las normas exigidas por el MTOP (ministerio de transporte y obras públicas) para circular en nuestro país.



Figura 3.13 Semirremolque geometría internacional

Fuente: www.carmextrailers.com

Ventajas

- Optimización de materiales en su construcción.
- Calidad de material de mejor aleación.

Desventajas

- Alto coste por importación.

- Mantenimiento más complejo.
- Dificultad en cubrir garantía en algún caso de falla de fábrica.
- Normada bajo otros estándares.
- Posibles problemas de acoplamiento con vehículos existentes en nuestro país.

b.2. Propuesta de diseño.-La propuesta de proyecto dada para la construcción de la estructura de un semirremolque tipo cama alta contará con un diseño y análisis en software especializados de versión estudiantil previo a su construcción el cual contará con una supervisión técnica durante todo el proceso de desarrollo incluyendo el cumplimiento de normas vigentes en el país para su libre circulación.

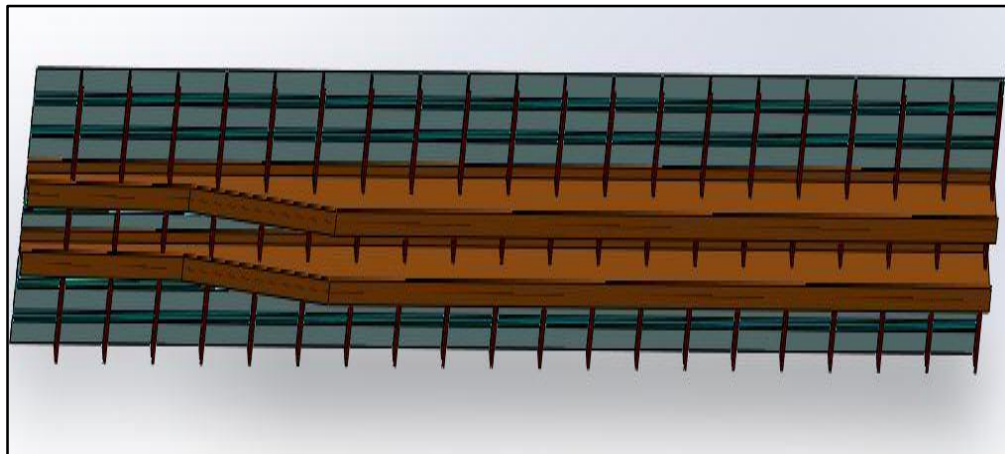


Figura 3.14 Propuesta de diseño de plataforma

Ventajas

- Reducción de costos.
- Fácil mantenimiento.
- Construida bajo un diseño previo.
- Construida bajo análisis y simulaciones.
- Garantizada en base a protocolo de pruebas.

Desventajas

- Mayor tiempo empleado en la elaboración del proyecto.

b.3. Geometría nacional.-Otra alternativa al momento de adquirir una plataforma tipo cama alta es la adquisición de una de geometría nacional, para lo cual se debe considerar que no siempre estarán construidas bajo normas y bajo estudios previos de diseño, sino se basan en un conocimiento empírico por parte de las personas que fabrican este tipo de estructuras, lo que puede provocar desperdicio de material, lo que afectará posteriormente en la reducción de la capacidad máxima de carga permitida para este tipo de estructuras.



Figura 3.15 Semirremolque de geometría nacional

Fuente: www.saintclassifiedecuador.com

Ventajas

- Reducción de costos por importación.
- Fácil mantenimiento.

Desventajas

- Construida sin supervisión técnica.

- Posibles problemas de acoplamiento con vehículos existentes en nuestro medio.
- Desperdicio de material que aumenta su peso.
- No presta toda la seguridad correspondiente para transportar pesos de magnitud considerable.
- No cuenta con un diseño previo.
- No cuenta con un análisis de resistencia de materiales.

c. Bajar carga

La alternativa para este proceso de descarga de la estructura del semirremolque será de forma manual ya que involucrar otro sistema no sería parte de este proyecto.

3.10. ANÁLISIS DE LAS SOLUCIONES

El análisis de las todas estas soluciones se da mediante combinar la compatibilidad de componentes y plantear soluciones en base a las funciones planteadas para este proyecto.

3.10.1. SOLUCIONES AL MÓDULO 1

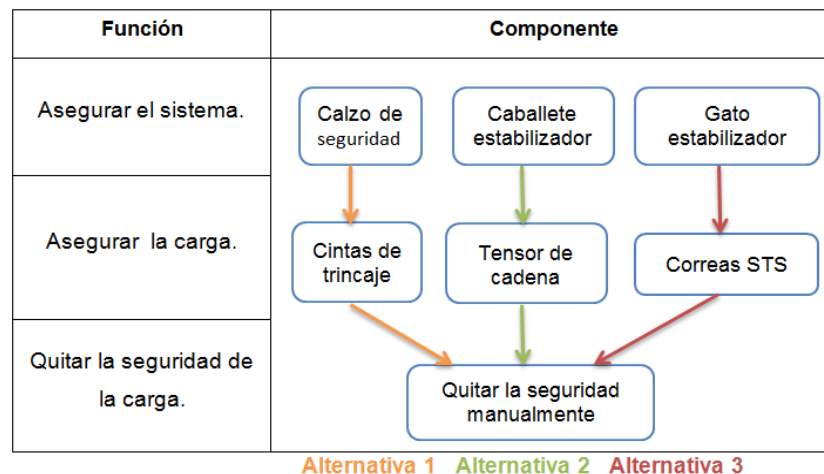


Figura 3.16 Solución al módulo 1

3.10.2. SOLUCIONES AL MÓDULO 2

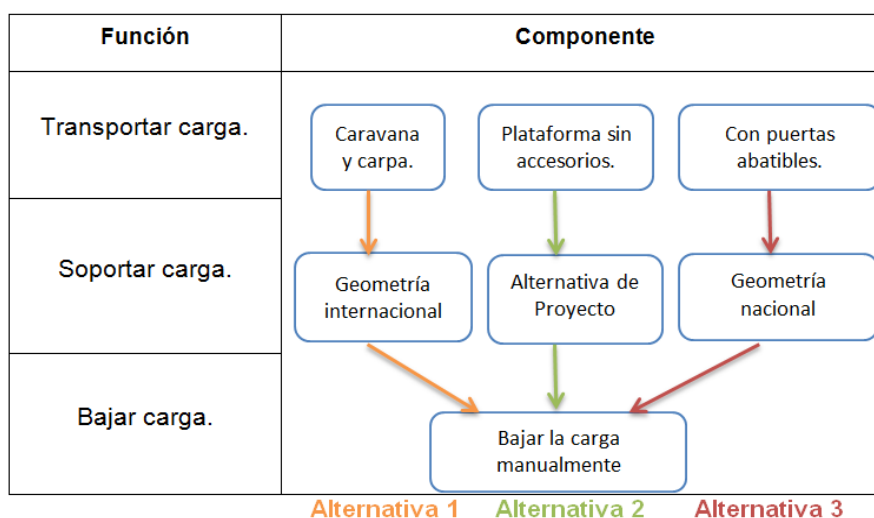


Figura 3.17 Solución al módulo 2

3.11. SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

3.11.1. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 1

Con el fin de determinar aquel módulo que resulte más conveniente, se emplea el método ordinal corregido de criterios ponderados.

Se listan a continuación los criterios de valoración más determinantes para el módulo:

- Seguridad, ya que al momento de inmovilizar el sistema existe riesgos.
- Señalética, usada para la prevención de accidentes al momento de inmovilizar el sistema.
- Alta Fiabilidad, para asegurar la carga al momento de ser transportada.
- Facilidad de colocación, al momento de ser sujeta la carga para su transportación.
- Precio moderado, al momento de su adquisición.

La evaluación de los criterios y módulos se detalla en las tablas siguientes:

Tabla 3.3

Evaluación de criterios para módulo 1

Criterio	Seguridad	Señalética	Alta Fiabilidad	Facilidad de Colocación	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Seguridad		1	0,5	1	1	5,5	0,282
Señalética	0		0,5	1	1	4,5	0,232
Alta Fiabilidad	0,5	1		1	1	5,5	0,282
Facilidad de Colocación	0	0	0		0,5	2	0,102
Precio	0	0	0	0,5		2	0,102
					Suma	19,5	1
<i>Seguridad=Alta fiabilidad>Señalética>Facilidad de Colocación=Precio</i>							

Enseguida se evalúa cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3.4

Evaluación de solución de seguridad

Seguridad	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		1	1	3	0,5
Solución2	0		0,5	1,5	0,25
Solución3	0	0,5		1,5	0,25
				Suma	6
<i>Solución 1>Solución2=Solución3</i>					

Tabla 3.5

Evaluación de solución de señalética

Señalética	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		1	1	3	0,5
Solución2	0		0,5	1,5	0,25
Solución3	0	0,5		1,5	0,25
				Suma	6
<i>Solución 1>Solución2=Solución3</i>					

Tabla 3.6
Evaluación de solución de alta fiabilidad

Alta Fiabilidad	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		0	0,5	1,5	0,232
Solución2	1		1	3	0,461
Solución3	1	0		2	0,307
Suma				6,5	1
<i>Solución 2>Solución3>Solución1</i>					

Tabla 3.7
Evaluación de solución de facilidad de colocación

Facilidad de Colocación	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		1	1	3	0,5
Solución2	0		0,5	1,5	0,25
Solución3	0	0,5		1,5	0,25
Suma				6	1
<i>Solución 1>Solución2=Solución3</i>					

Tabla 3.8
Evaluación de solución de precio

Precio	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		1	1	3	0,461
Solución2	0		1	2	0,307
Solución3	0,5	0		1,5	0,232
Suma				6,5	1
<i>Solución 1>Solución2>Solución3</i>					

Tabla 3.9
Conclusiones de soluciones para el módulo 1

Conclusiones	Seguridad	Señalética	Alta Fiabilidad	Facilidad de Colocación	Precio	Σ	Prioridad
Solución1	0,5*0,282	0,5*0,232	0,232*0,282	0,5*0,102	0,461*0,102	0,42	1
Solución2	0,25*0,282	0,25*0,232	0,461*0,282	0,25*0,102	0,307*0,102	0,31	2
Solución3	0,25*0,282	0,25*0,232	0,307*0,282	0,25*0,102	0,232*0,102	0,27	3

3.11.2. SELECCIÓN DE ALTERNATIVA MÓDULO 2

Se listan a continuación los criterios de valoración determinantes para el módulo:

- Protección, para la carga al momento de transportarla.
- Funcionalidad, ya que es indispensable el momento de transportar distintos tipos de carga.
- Análisis, mediante software para lograr la correcta selección de materiales.
- Cantidad de material desperdiciado.
- Precio moderado, al momento de su adquisición.

La evaluación de los criterios y módulos se detalla en las tablas siguientes:

Tabla 3.10

Evaluación de criterios para módulo 2

Criterio	Protección	Funcionalidad	Análisis	Desperdicio	Precio	$\Sigma+1$	Ponderación
Protección		1	0	0	1	3	0,202
Funcionalidad	1		0,5	0,5	0,5	3,5	0,233
Análisis	1	1		0,5	0,5	4	0,266
Desperdicio	0,5	0	0,5		0,5	2,5	0,166
Precio	0	0	0,5	0,5		2	0,133
					Suma	15	1
<i>Análisis>Funcionalidad>Protección>Desperdicio>Precio</i>							

Enseguida se evalúa cada una de las soluciones respecto a los criterios.

Tabla 3.11

Evaluación de solución de protección

Protección	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		1	1	3	0,504
Solución2	0		0	1	0,166
Solución3	0	1		2	0,33
			Suma	6	1
<i>Solución 1>Solución3>Solución2</i>					

Tabla 3.12

Evaluación de solución de funcionalidad

Funcionalidad	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		0	0,5	1,5	0,232
Solución2	1		1	3	0,461
Solución3	0,5	0,5		2	0,307
Suma				6,5	1
<i>Solución 2>Solución1>Solución3</i>					

Tabla 3.13

Evaluación de solución de análisis mediante software

Análisis	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		0	1	2	0,307
Solución2	1		1	3	0,461
Solución3	0,5	0		1,5	0,232
Suma				6,5	1
<i>Solución 2>Solución1>Solución3</i>					

Tabla 3.14

Evaluación de solución de desperdicio

Desperdicio	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		0	1	2	0,307
Solución2	1		1	3	0,461
Solución3	0,5	0		1,5	0,232
Suma				6,5	1
<i>Solución 2>Solución1=Solución3</i>					

Tabla 3.15

Evaluación de solución de precio

Precio	Solución1	Solución2	Solución3	$\Sigma+1$	Ponderación
Solución1		0	0,5	1,5	0,232
Solución2	1		1	3	0,461
Solución3	0,5	0,5		2	0,307
Suma				6,5	1
<i>Solución 2>Solución3>Solución1</i>					

Finalmente, se presenta la tabla de conclusiones:

Tabla 3.16

Conclusiones de soluciones para el módulo 2

Conclusiones	Protección	Funcionalidad	Análisis	Desperdicio	Precio	Σ	Prioridad
Solución1	0,504*0,202	0,232*0,233	0,307*0,266	0,307*0,166	0,232*0,133	0,32	2
Solución2	0,166*0,202	0,461*0,233	0,461*0,266	0,461*0,166	0,461*0,133	0,4	1
Solución3	0,33*0,202	0,307*0,233	0,232*0,266	0,232*0,166	0,307*0,133	0,28	3

CAPÍTULO IV

CÁLCULO Y SELECCIÓN DE PERFILES

4.1. DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS

Para un correcto diseño es indispensable identificar las cargas que van a actuar sobre la estructura tomando en cuenta las situaciones extremas a las que se encuentra sometido el semirremolque durante su vida útil.

La estructura del semirremolque se llevará a cabo tomando en cuenta los siguientes tipos de carga:

- Carga Muerta.
- Carga Viva.
- Carga Transportada.
- Cargas accidentales.
- Cargas según el punto de aplicación.

4.1.1. CARGA MUERTA

La carga muerta consiste en todos los elementos que forman parte de manera constante sobre la estructura.

Tomando en cuenta la normativa nacional vigente un semirremolque de 2 ejes puede transportar un peso total de 20 toneladas; además el peso de la carga transportada es de 15 toneladas, dichos factores son de vital importancia en el diseño.

A continuación en la tabla 4.1 se detalla el peso de los elementos para el semirremolque que es el peso de la estructura más sus componentes.

Tabla 4.1

Elementos de plataforma para semirremolque tipo cama alta

Elementos	Material	Peso (kg/m)	Longitud (m)	Cantidad	Peso Total(kg)
Travesaños	U 100X50X5	17,86	2,48	23	1018,734
Larguero	Plancha 6mm	20,41	12	2	489,84
	PLT 130X15	11,3	6	8	542,4
Laterales	U 150X50X5	8,8	6	5	264
Separadores	Plancha 6 mm	23,54	0,91	5	107,107
Soporte Plancha	Correa 50x30x2	2,83	6	12	203,76
	U 100x50x4	6,3	6	2	75,6
Talanquera	Plancha laminada 3mm	35,11	1,22	2	85,6684
Piso	Plancha Antideslizante 3mm	29,89	2,44	10	729,316
	U 200X50X4	9,03	1,46	1	13,1838
Guardachoque	Tol 2mm	15,73	0,685	1	10,77505
	U 100X50X5	7,53	5,74	1	43,2222
King Pin	Plancha 10mm	94,41	1,5	1	141,615
	Plancha 6mm	47,2	0,22	1	10,384
	U 200X50X8	3,71	1	3	11,13
Contorno	U 100X50X4	5,86	0,1	51	29,886
	Platina 75x6	3,11	6	5	93,3
PESO TOTAL kg					3869,922

Fuente: (IPAC, 2014)

Tabla 4.2

Peso de elementos para semirremolque tipo cama alta

Cantidad	Denominación	Peso (kg)	Peso Total (kg)
1	Peso Propio de la Estructura	3869,92	3869,922
2	Ejes	350	700
1	Suspensión 2 Ejes	410	410
1	King Pin	5	5
8	Llantas	30	240
8	Aros	17	136
1	Mangueras Neumáticas	1,5	1,5
1	Accesorios	10	10
PESO TOTAL kg (CM)			5372,422

Fuente: ZIMPORTS

CM = Carga muerta (Peso propio total)

$$CM = 5372,42 \text{ [Kg]}.$$

4.1.2. CARGA VIVA

Es el resultado de la suma de la carga transportada más una sobrecarga que corresponde al 10% de la carga transportada que es un rango de seguridad para evitar accidentes por sobrecarga ya sea por imprudencia o desconocimiento de la capacidad de carga del semirremolque por parte de quien haga uso de la misma.

$$CV = CT + SC \quad \text{Ecuación 4.1}$$

$$CV = 15.000[\text{Kg}] + 0,1 * 15.000[\text{Kg}]$$

$$CV = 15.000[\text{Kg}] + 1.500[\text{Kg}]$$

$$CV = 16.500[\text{Kg}]$$

Donde:

CV: Carga viva.

CT: Carga a transportar.

SC: Sobrecarga.

4.1.3. CARGA TRANSPORTADA

Es la carga a ser transportada independientemente al peso del semirremolque, esta puede ser variable y no exceder el valor indicado para lo cual está diseñada la estructura.

Para este caso el valor máximo es de:

$$CT = 15.000[\text{Kg}]$$

4.1.4. CARGAS ACCIDENTALES

Son cargas ajenas a la carga viva y carga muerta, estas pueden ser producidas por efectos climáticos, geográficos, entre otros, los cuales se detallan a continuación:

a. Cargas de viento

Es una fuerza que se opone al movimiento de cualquier objeto, en el caso de una carga de viento aplicada sobre un vehículo esta va a ser de manera horizontal y es también conocida como “resistencia aerodinámica”, esta varía de acuerdo la ubicación geográfica en donde vaya a ser usada la estructura, en este caso se estima que circule con mayor frecuencia en la región sierra sin dejar de lado que sea apta para trabajar en cualquier región del país.

Para determinar la resistencia del aire en vehículos se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$R_a = \frac{1}{2} * C_x * \rho * A_f * V^2 \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Dónde:

R_a = Resistencia aerodinámica, en [N]

ρ = Densidad del aire en [Kg/m^3]

V = Velocidad en [m/s]

A_f = Superficie frontal del vehículo, en [m^2]

C_x = Coeficiente aerodinámico del vehículo.

El coeficiente aerodinámico C_x tiene variantes:

- 0,3 para coches de líneas aerodinámicas.

- 0,7 para camiones (Alvarez, 2009).
- >1 si llevan cargas muy voluminosas.

Datos para conjunto cabezal HINO 700-semirremolque.

Alto del vehículo: 3m.

Ancho del vehículo: 2,5m.

$$A_f = \text{Alto del vehículo} * \text{Ancho del vehiculo}$$

$$A_f = 3m * 2,5m$$

$$A_f = 7,5m^2$$

Ya que se trata de un conjunto cabezal-semirremolque el coeficiente aerodinámico del vehículo será:

$$C_x = 0,7.$$

El valor de la densidad del aire en la ciudad de Latacunga donde va a operar el vehículo es de:

$$\rho = 1,2 [Kg/m^3]$$

La velocidad máxima a la que puede circular este tipo de vehículo en el país es de:

$$V = 70 \left[\frac{Km}{h} \right] \therefore 19,44 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Reemplazando:

$$R_a = \frac{1}{2} * 0,7 * 1,2 * 7,5 * (19,44)^2$$

$$R_a = 1,190.42[N] \therefore 121.47[kg]$$

$$R_a = 121.47[kg]$$

b. Carga de impacto

Es la carga resultante de multiplicar el valor de la carga viva por un factor de choque, que es de máximo el 30% de la carga viva según establece la AASHTO, esta fuerza se aplica en un tiempo corto a un cuerpo en movimiento que se ve afectado por irregularidades de la vía (Gu, 2014).

La carga de impacto está determinada por la siguiente ecuación:

$$CIM = 0,3 * CV \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$CIM = 0,3 * 16,500[Kg]$$

$$CIM = 4,950[Kg]$$

Dónde:

CIM = Carga de impacto

Teniendo este resultado se puede calcular la carga total viva que es valor total a ser transportado y el valor para los respectivos cálculos.

Esta dada por la siguiente ecuación:

$$CTV = CV + CIM \quad \text{Ecuación 4.4}$$

Dónde:

CTV = Carga total viva

$$CTV = 16,500[Kg] + 4,950[Kg]$$

$$CTV = 21,450[Kg]$$

4.1.5. CARGAS SEGÚN EL PUNTO DE APLICACIÓN

a. Cargas puntuales

Son aquellas que se encuentran concentradas en uno o varios puntos sobre la estructura.

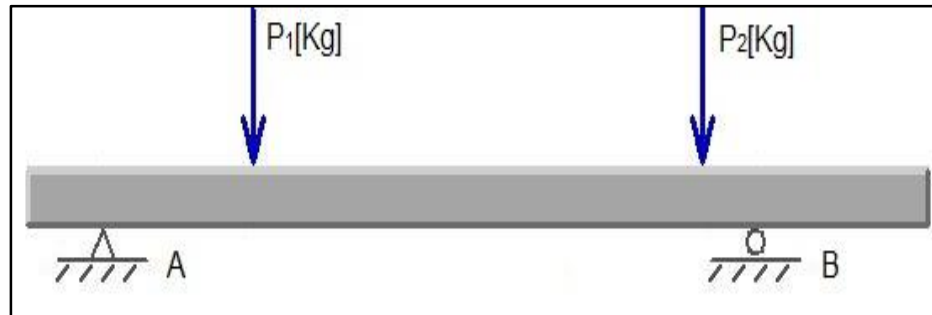


Figura 4.1 Cargas puntuales

b. Cargas distribuidas

Estos tipos de cargas están aplicados sobre toda el área útil de la estructura del semirremolque o sobre ciertas áreas. Se debe calcular su área en base a la longitud de aplicación, puede encontrarse o no de manera uniforme.

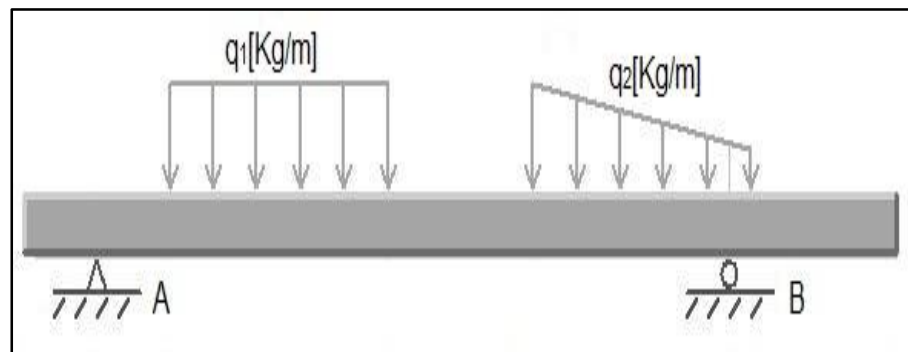


Figura 4.2 Cargas distribuidas

4.2. ESCENARIOS DE TRABAJO

En este punto se consideraran las condiciones extremas a las que la estructura puede ser sometida durante su vida útil, tomando en cuenta los valores previamente obtenidos mediante cálculos, dichos ensayos garantizarán

que la estructura no sufra fallos en el momento de su funcionamiento, además nos ayuda a seleccionar el tipo de material correspondiente y encontrar el factor de seguridad de los elementos que conforman los puntos de apoyo principal.

Para dichos casos se propone 4 hipótesis que simulan los posibles usos que se le daría a la estructura, en estos 4 ensayos se utiliza el valor correspondiente a la carga total viva en diferentes posiciones, que es el peso máximo para lo cual ha sido diseñada.

4.3. ESTIMACIÓN DEL ESCENARIO DE TRABAJO

4.3.1. HIPÓTESIS 1

Esta hipótesis consiste en colocar la carga uniformemente distribuida en toda el área que posee la plataforma, como se muestra en la fig.4.3 desde el punto de vista ingenieril es la más adecuada para evitar sobre-esfuerzos en la plataforma. Este tipo de hipótesis se puede dar en el caso de que se necesite transportar un contenedor ya que cumple con estas medidas.

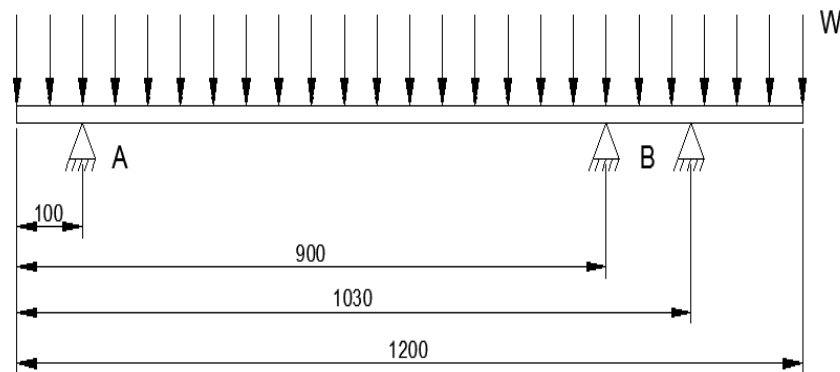


Figura 4.3 Cargas distribuidas en hipótesis 1

A continuación para las siguientes tres hipótesis se procede a dividir la longitud total de la estructura en tres partes iguales para colocar la carga total viva en las superficies que se forman para así observar el comportamiento virtual de la estructura. Este tipo de hipótesis están destinadas al estudio de la

plataforma en el caso de transportar carga como maquinaria existente en la universidad que utilizaría en promedio las medidas de estas áreas.

4.3.2. HIPÓTESIS 2

La segunda hipótesis consiste en colocar la carga uniformemente distribuida en la parte delantera de la estructura, como se muestra en la fig.4.4 bajo esta superficie se encuentra el apoyo de la quinta rueda una vez que se encuentre acoplado al vehículo.

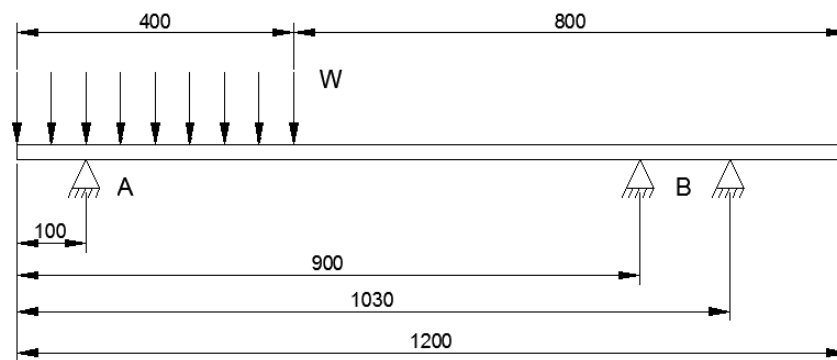


Figura 4.4 Cargas distribuidas en hipótesis 2

4.3.3. HIPÓTESIS 3

En esta hipótesis la carga es colocada uniformemente distribuida en la parte posterior de la estructura como se muestra en la fig.4.5, bajo esta superficie se encuentran los dos ejes de apoyo.

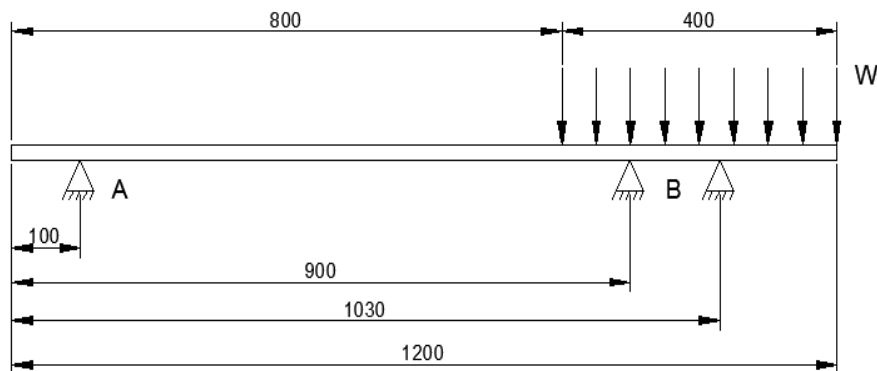


Figura 4.5 Cargas distribuidas en hipótesis 3

4.3.4. HIPÓTESIS 4

La cuarta hipótesis desde el punto de vista ingenieril es la que causará mayores esfuerzos en la plataforma, ya que la carga va a estar uniformemente distribuida en el centro de la plataforma donde no se encuentran puntos de apoyo, como se muestra en la fig.4.6.

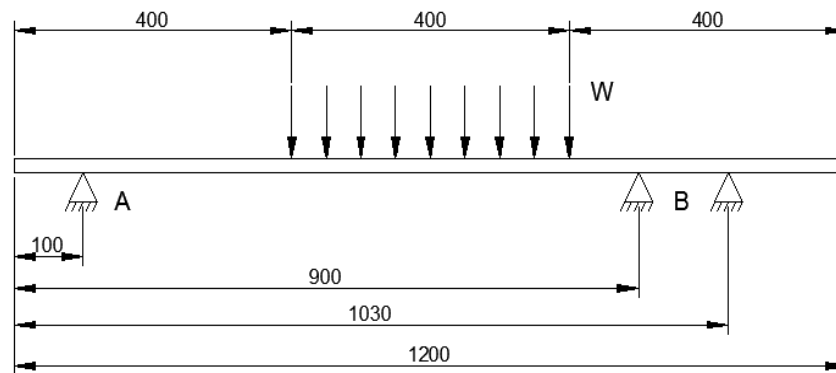


Figura 4.6 Cargas distribuidas en hipótesis 4

4.4. RESTRICCIONES

Entre las restricciones que se encuentra durante el proceso de diseño y construcción de la estructura para el semirremolque para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga constan las siguientes:

- La principal restricción que se encuentra en el desarrollo de este proyecto fue por parte del ministerio de transporte y obras públicas en cuanto a pesos, dimensiones, capacidad de carga a transportar en todo lo referente al diseño.
- El presente proyecto al ser realizado con la ayuda de una mecánica artesanal, tiene limitación de entendimiento relacionado con empirismo y parte técnica.

- Al no existir una amplia variedad de materiales en el mercado ecuatoriano las limitaciones de diseño son amplias para cumplir con las exigencias por parte del cliente que constan en la casa de la calidad.
- Al existir varias metas que cumplir dentro de la casa de la calidad es restringido la coordinación de ciertas de ellas sin embargo, se cumplen en su totalidad, por ejemplo: garantizar seguridad a bajo costo implicaría riesgos.
- Un limitante es la falta de máquina-herramienta y procesos industrializados en la elaboración del presente proyecto ya que no son iguales a las que usan talleres industriales que producen en serie este tipo de construcciones lo que implica mayor tiempo.

4.5. PRE PROCESAMIENTO

4.5.1. RISA 3D

El primer programa a ser utilizado en el desarrollo del diseño para el semirremolque es el RISA 3D (versión estudiantil), este software se usa en selección de materiales y comprobación de resistencia de los mismos.

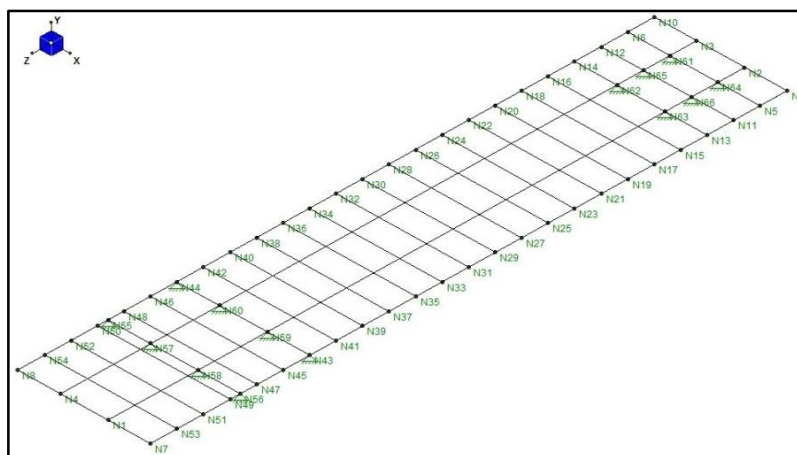


Figura 4.7 Análisis de posición de líneas de largueros y travesaños

Esquema de la estructura en líneas por donde se colocara el tipo de material para el análisis correspondiente, consta también con puntos de apoyo en los lugares exactos que simularan los 2 ejes y plancha del King pin.

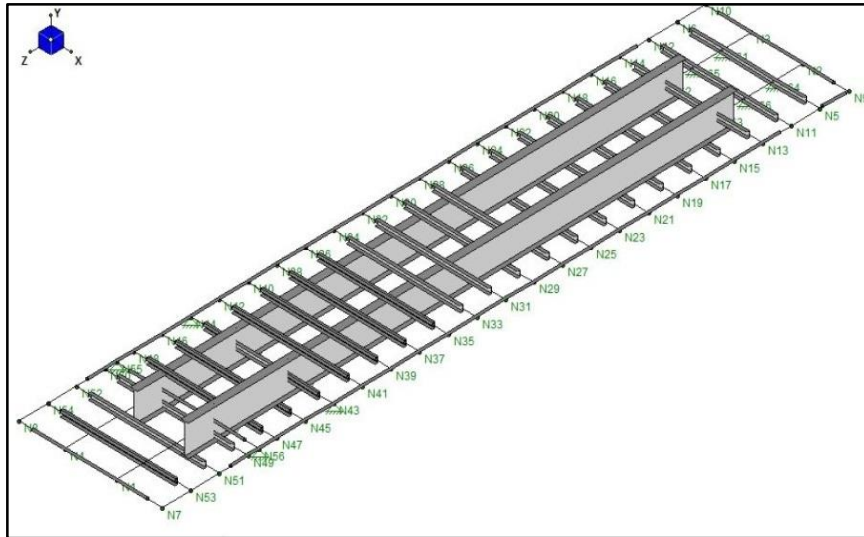


Figura 4.8 Ubicación de perfiles para largueros y travesaños

Asignación del material correspondiente a la estructura en la gráfica 4.8 se puede observar los largueros y travesaños que son elementos que resistirán el peso de la carga.

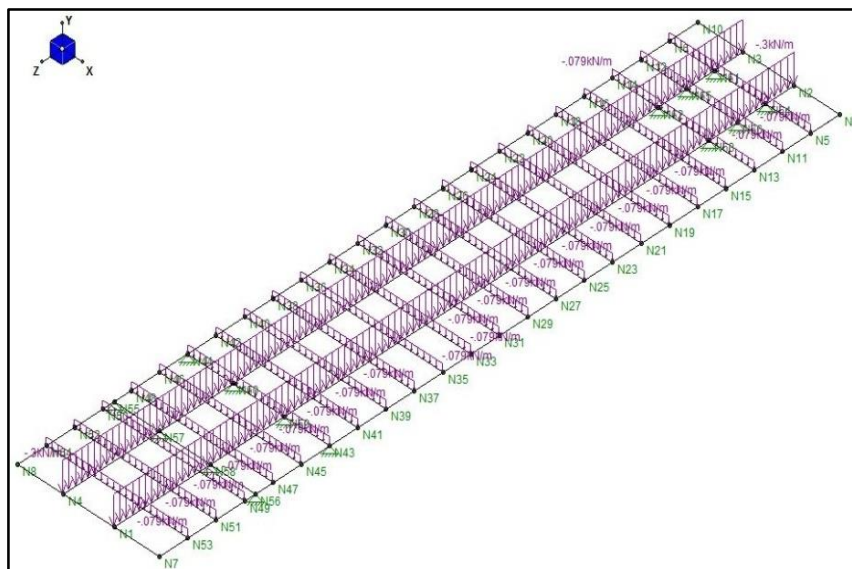


Figura 4.9 Colocación de fuerzas en largueros y travesaños

Colocación del valor de cargas correspondiente al máximo de la capacidad para la que está diseñada la plataforma, en la fig. 4.9 se indica la distribución de cargas sobre toda la estructura que corresponde al caso de la hipótesis uno

para lo cual se procede a dividir este valor para el área que ocupan los largueros y travesaños respectivamente de acuerdo a cada hipótesis.

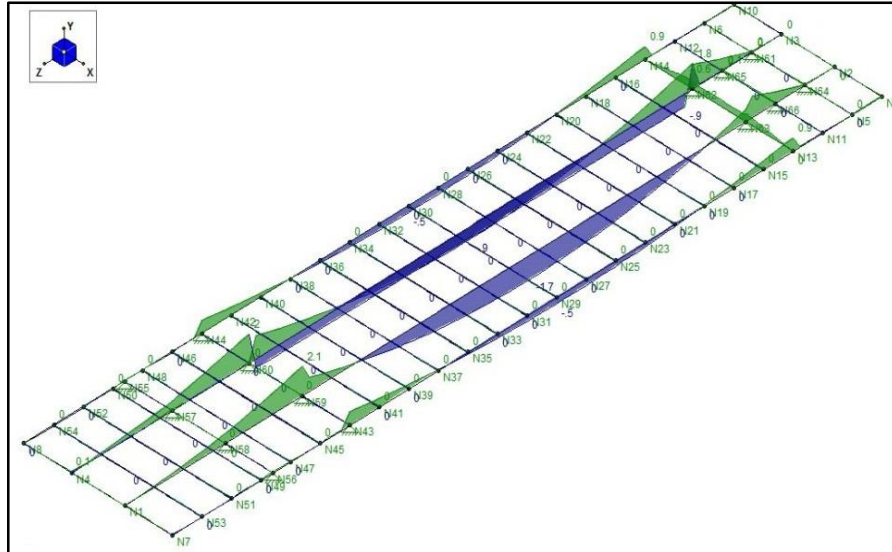


Figura 4.10 Momento flector en la estructura

El dato fundamental que se necesita de este software es el momento flector máximo de manera global sobre la estructura como se indica en la fig.4.10. Además de esto el programa permite observar de manera individual los largueros y travesaños en donde se está generando el mayor momento y con esto se procede a calcular su factor de seguridad.

4.6. SELECCIÓN DE MATERIAL

Para determinar el tipo de material se utiliza el software CES Edupack 2009 (Versión estudiantil), mismo que permite determinar las propiedades que se desea que tenga el material mostrando al diseñador las posibles soluciones de manera rápida y efectiva.

En este caso se ha determinado en base a la resistencia a la cadencia del material, resistencia máxima, elongación y además se desea que el material pueda ser reciclado una vez que el sistema haya cumplido su tiempo de vida útil.

Tabla 4.3
Características de material

Parámetros	Valor mínimo	Valor máximo	Unidades
Resistencia a la cadencia	240	345	Mpa
Resistencia Máxima	400	483	Mpa
Elongación	20	23	Porcentaje (%) en 2 in
Radio Poisson	0.29	0.29	
Módulo de Young	200	250	Gpa

Al crear un nuevo proyecto en el software CES Edupack (Versión estudiantil) e ingresar los parámetros indicados en la tabla, el software procede a buscar en su base de datos el material que cumple con los parámetros deseados. Se muestra que el acero bajo en carbono posee las características que se requiere. Es por ello que para el análisis del diseño de la estructura para semirremolque se emplea el acero ASTM A-36, que se encuentra fácilmente en el mercado, es fácil de maquinar y es compatible con electrodos existentes en el mercado.

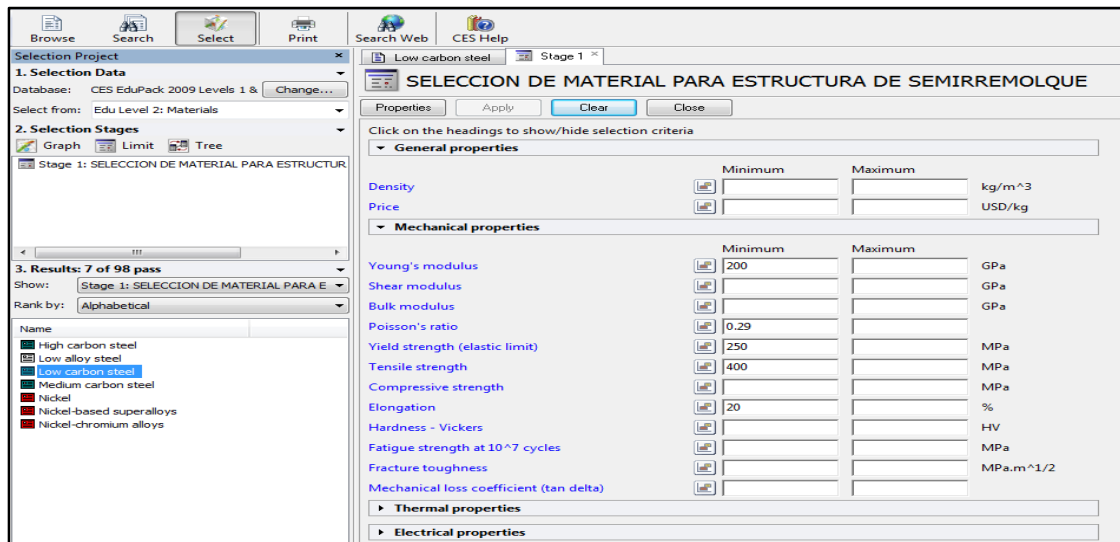


Figura 4.11 Selección de material para estructura

4.7. ANÁLISIS VECTORIAL

4.7.1. CÁLCULO FACTOR DE SEGURIDAD RISA

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_c} > 1 \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Dónde:

σ_y =Esfuerzo normal directo

σ_c =Esfuerzo normal

- Para Cargas estáticas (Robert, 2009).

$$\sigma_y = \frac{S_y}{2} \quad \text{Ecuación 4.6}$$

248 MPa(resistencia de cadencia de acero ASTM A – 36)

$$\sigma_y = \frac{248}{2} = 124$$

Esfuerzo normal

$$\sigma_c = \frac{M*c}{I} \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Dónde:

M: Momento flector máximo (software RISA).

c: Distancia desde el eje neutro a la fibra más externa del material.

I: Momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.

a. Larguero

El larguero es un componente que está diseñado y construido por la unión de dos materiales debido a la función y requerimientos de capacidad de carga.

Para encontrar su momento de inercia una vez fabricado se utiliza el *RISASection 2.0* (versión estudiantil)

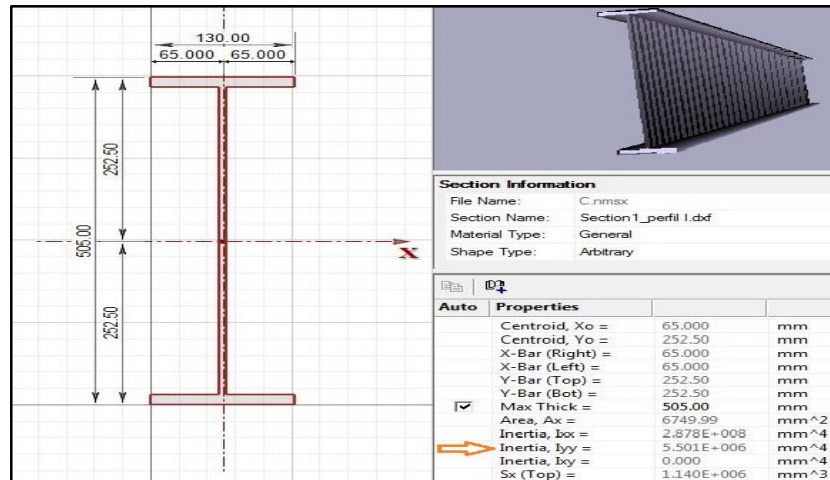


Figura 4.12 Cálculo momento de inercia en el larguero respecto al eje Y

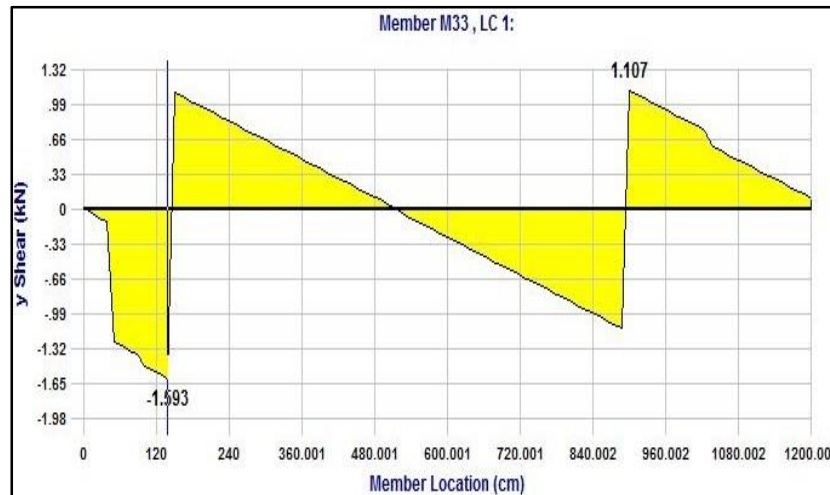


Figura 4.13 Hipótesis 1, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y

En la hipótesis 1 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el larguero con respecto al eje Y es de -1.593KN localizada a una distancia de 1.375m.

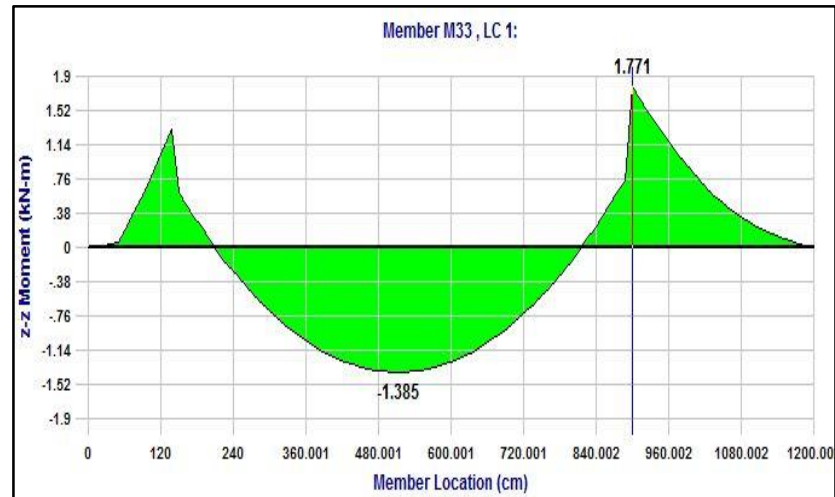


Figura 4.14 Hipótesis 1, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el larguero con respecto al eje Z es de 1.771KN.m localizado a una distancia de 9m en la hipótesis 1.

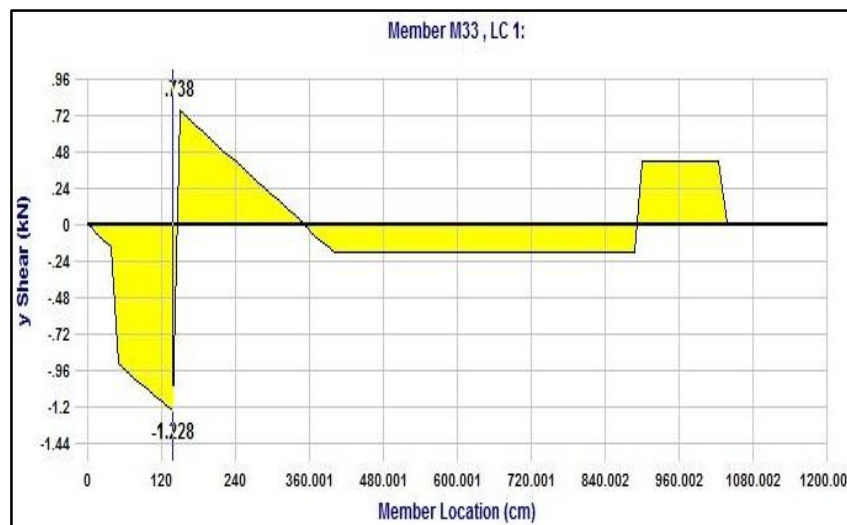


Figura 4.15 Hipótesis 2, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y

En la hipótesis 2 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el larguero con respecto al eje Y es de -1.228KN localizada a una distancia de 1.375m.

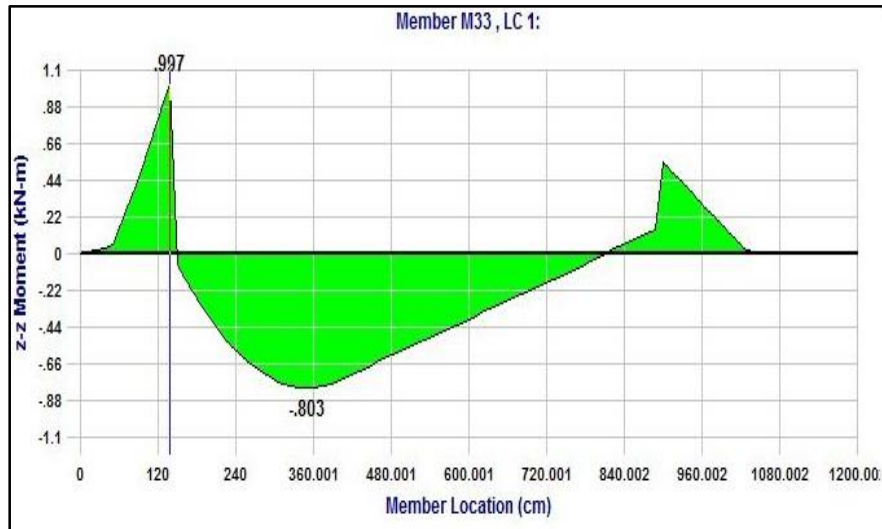


Figura 4.16 Hipótesis 2, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el larguero con respecto al eje Z es de 0.997KN.m localizado a una distancia de 1.375m en la hipótesis 2.

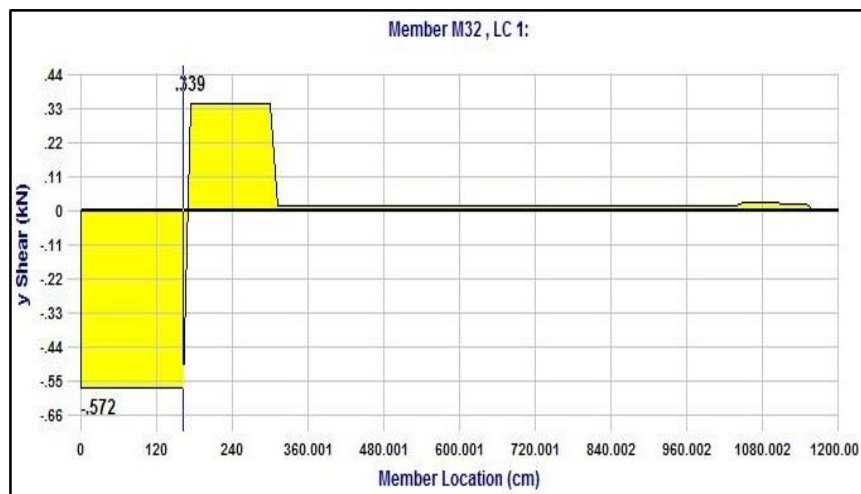


Figura 4.17 Hipótesis 3, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y

En la hipótesis 3 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el larguero con respecto al eje Y es de -0.572KN localizada a una distancia de 0 a 1.625m.

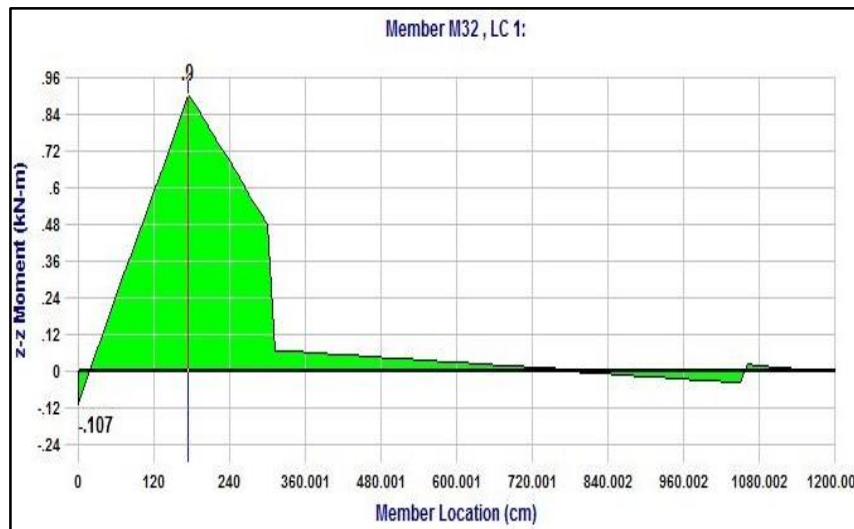


Figura 4.18 Hipótesis 3, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el larguero con respecto al eje Z es de 0.9KN.m localizado a una distancia de 1.75m en la hipótesis 3.

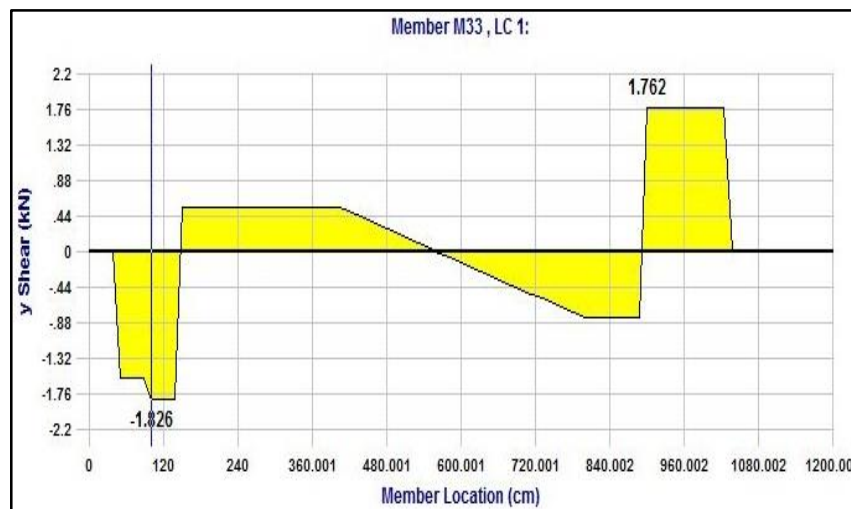


Figura 4.19 Hipótesis 4, análisis de la fuerza cortante en el larguero con respecto al eje Y

En la hipótesis 4 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el larguero con respecto al eje Y es de -1.826KN localizada a una distancia de 1 a 1.37m.

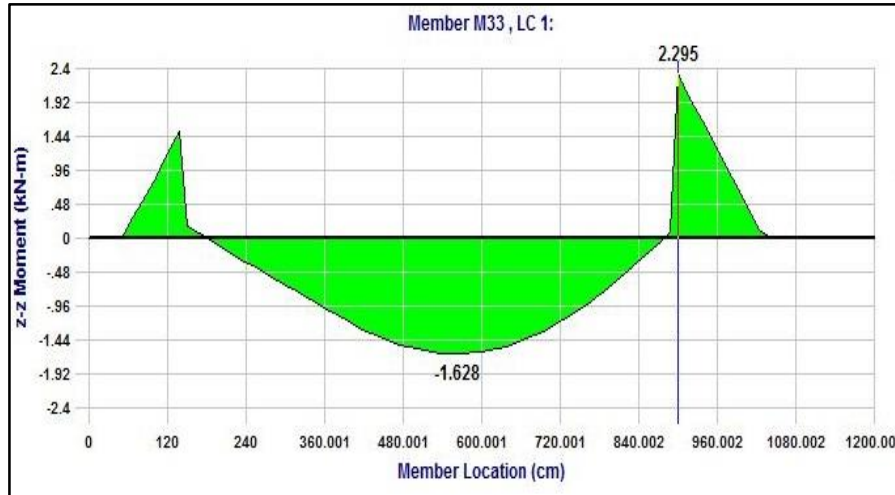


Figura 4.20 Hipótesis 4, Análisis del momento flector máximo en el larguero respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el larguero con respecto al eje Z es de 2.295KN.m localizado a una distancia de 9m en la hipótesis 4.

$$I_y = 5,501 * 10^6 mm^4 = 5,501 * 10^{-6} m^4.$$

$$C=0,2525m.$$

a.1. Calculo de factor de seguridad de larguero para Hipótesis 1

$$\sigma_c = \frac{1,771KN.m * 0,2525m}{5,501 * 10^{-6}m^4} = 81244,31KN/m^2 \rightarrow 81,3MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{81,3MPa} = 1,52 > 1$$

a.2. Calculo de factor de seguridad de larguero para Hipótesis 2

$$\sigma_c = \frac{0,997KN.m * 0,2525m}{5,501 * 10^{-6}m^4} = 45763,04KN/m^2 \rightarrow 45,76MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{45,76MPa} = 2,7 > 1$$

a.3. Calculo de factor de seguridad de larguero para Hipótesis 3

$$\sigma_c = \frac{0,9KN.m * 0,2525m}{5,501 * 10^{-6}m^4} = 41310,67KN/m^2 \rightarrow 41,31MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{41,31MPa} = 3 > 1$$

a.4. Calculo de factor de seguridad de larguero para Hipótesis 4

$$\sigma_c = \frac{2,295KN.m * 0,2525m}{5,501 * 10^{-6}m^4} = 105342,2KN/m^2 \rightarrow 105,34MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{105,3MPa} = 1,17 > 1$$

b. Travesaño

Los elementos que forman parte de los travesaños son perfiles estructurales canales U100x50x5 por tanto el valor del momento de inercia viene dado por el fabricante (IPAC, 2014).

$$I_y = 21,80 \text{ cm}^4 = 2,18 * 10^{-7}m^4.$$

$$C=0,05m.$$

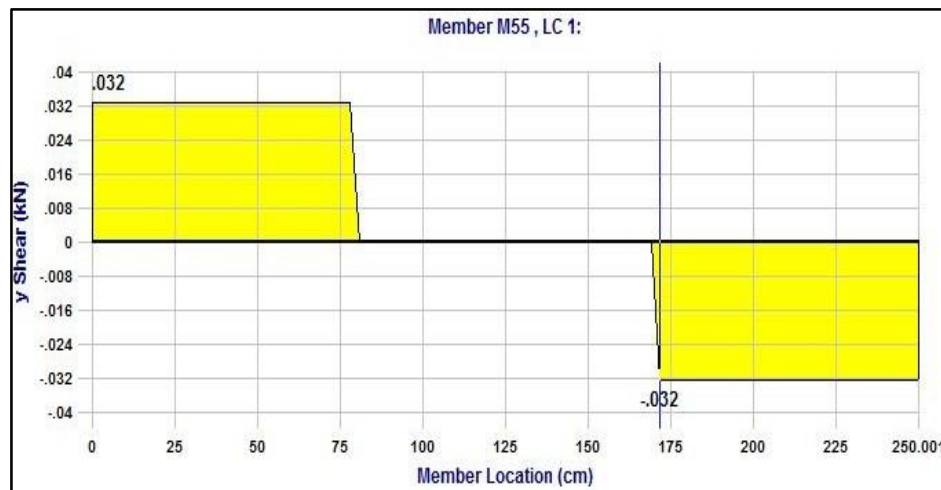


Figura 4.21 Hipótesis 1, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y

En la hipótesis 1 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el travesaño con respecto al eje Y es de 0.032KN localizada a una distancia de 0 a 0.78m y 1.71 a 2.5m.

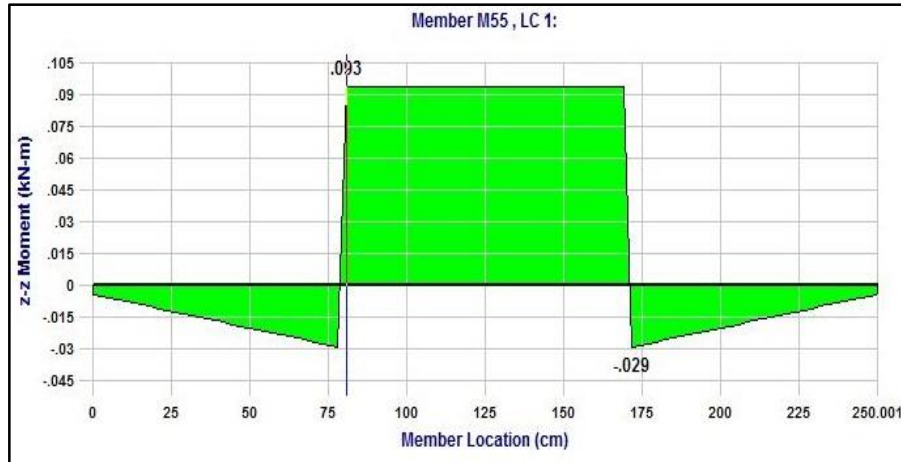


Figura 4.22 Hipótesis 1, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el travesaño con respecto al eje Z es de 0.93KN.m localizado a una distancia de 0.8 a 1.69 m en la hipótesis 1.

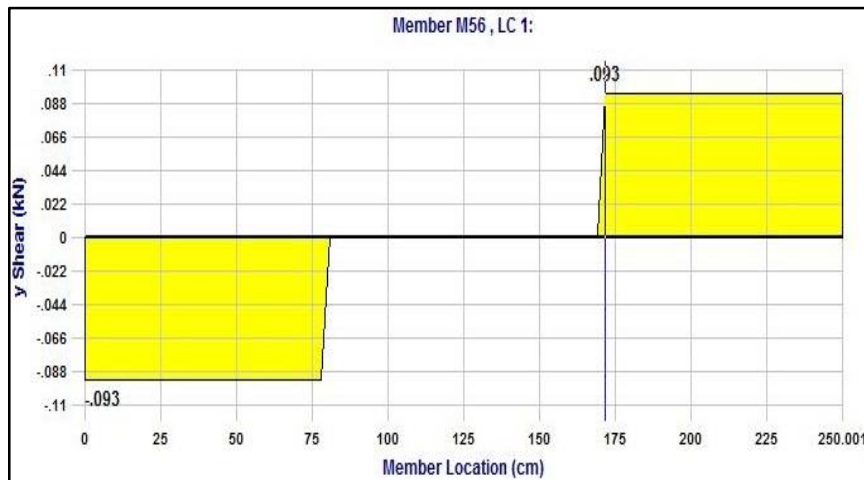


Figura 4.23 Hipótesis 2, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y

En la hipótesis 2 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el travesaño con respecto al eje Y es de 0,093KN localizada a una distancia de 0 a 0,78m y 1.71 a 2.5m.

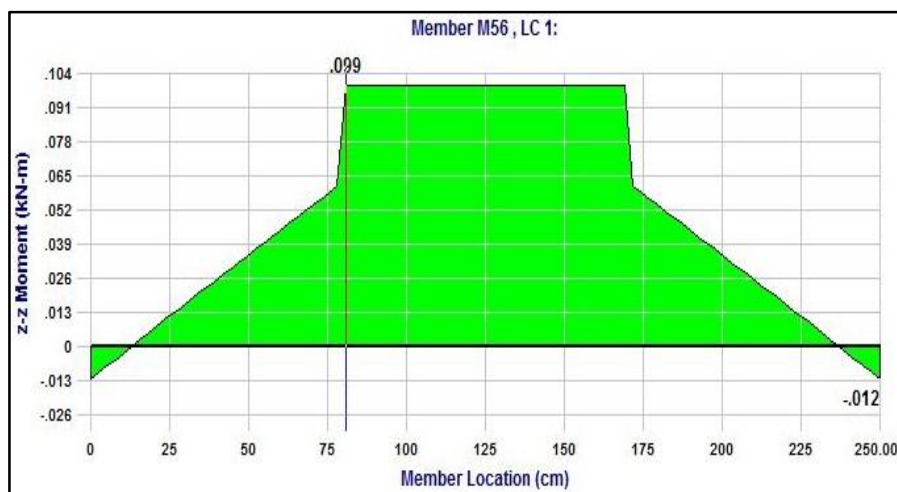


Figura 4.24 Hipótesis 2, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el travesaño con respecto al eje Z es de 0.099KN.m localizado a una distancia de 0.8 a 1.69 m en la hipótesis 2.



Figura 4.25 Hipótesis 3, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y

En la hipótesis 3 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el travesaño con respecto al eje Y es de 1.106KN localizada a una distancia de 0 a 0.78m y 1.71 a 2.5m.

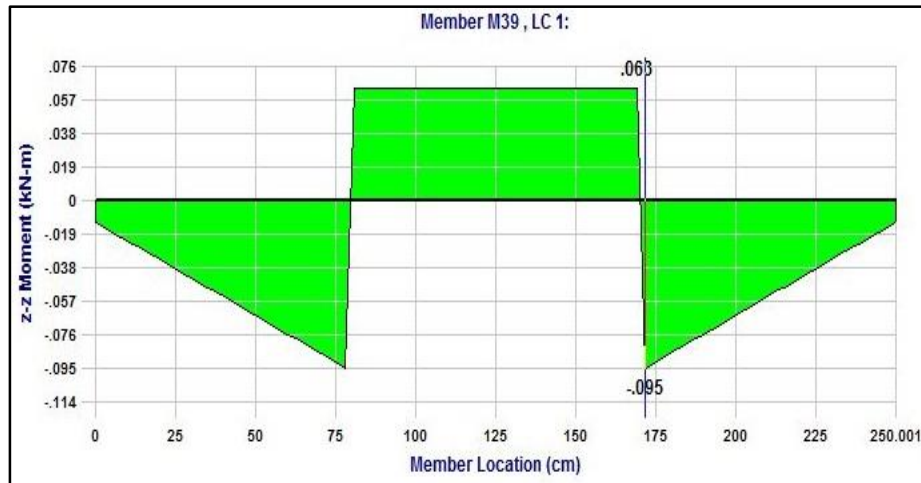


Figura 4.26 Hipótesis 3, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el travesaño con respecto al eje Z es de 0.095KN.m localizado a una distancia de 0.78m y 1.71m en la hipótesis 3.

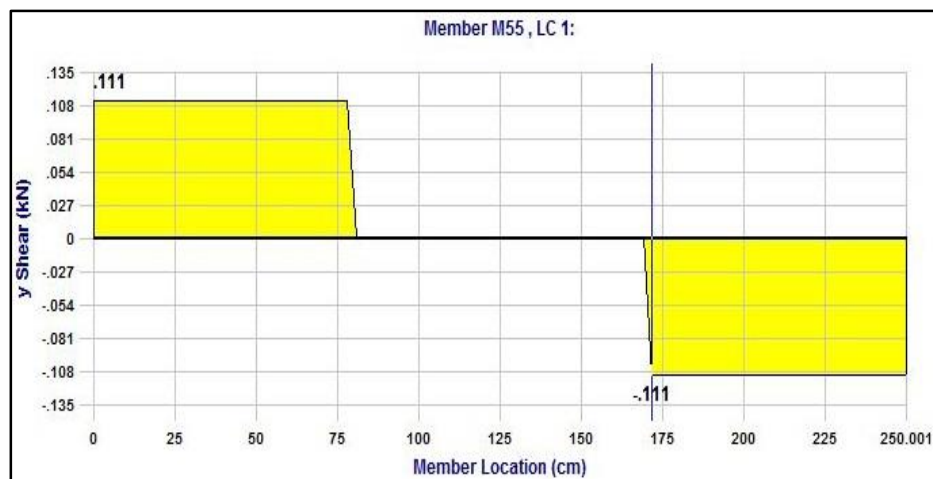


Figura 4.27 Hipótesis 4, análisis de la fuerza cortante en el travesaño con respecto al eje Y

En la hipótesis 4 el valor de la fuerza cortante máxima producida en el travesaño con respecto al eje Y es de 1.111KN localizada a una distancia de 0 a 0.78m y 1.71 a 2.5m.

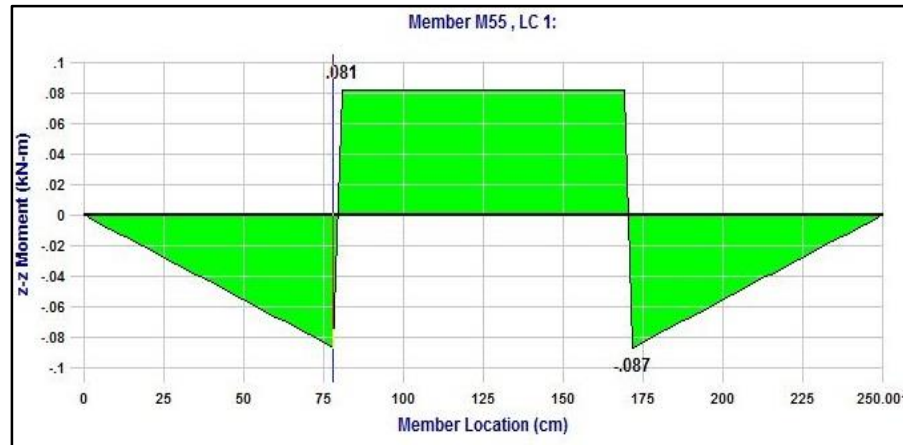


Figura 4.28 Hipótesis 4, Análisis del momento flector máximo en el travesaño respecto al eje Z

El valor del momento flector máximo producido en el travesaño con respecto al eje Z es de 0.087KN.m localizado a una distancia de 0.78 a 1.71 m en la hipótesis 4.

b.1. Calculo de factor de seguridad de travesaño para Hipótesis 1

$$\sigma_c = \frac{0,093KN \cdot m * 0,05m}{2,18 * 10^{-7}m^4} = 21330,27KN/m^2 \rightarrow 21,33MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{21,33MPa} = 5,81 > 1$$

b.2. Calculo de factor de seguridad de travesaño para Hipótesis 2

$$\sigma_c = \frac{0,099KN \cdot m * 0,05m}{2,18 * 10^{-7}m^4} = 22706,42KN/m^2 \rightarrow 22,7MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{22,7MPa} = 5,46 > 1$$

b.3. Calculo de factor de seguridad de travesaño para Hipótesis 3

$$\sigma_c = \frac{0,095KN \cdot m * 0,05m}{2,18 * 10^{-7}m^4} = 21788,99KN/m^2 \rightarrow 21,78MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{21,78MPa} = 5,69 > 1$$

b.4. Calculo de factor de seguridad de travesaño para Hipótesis 4

$$\sigma_c = \frac{0,087KN \cdot m * 0,05m}{2,18 * 10^{-7}m^4} = 19954,12KN/m^2 \rightarrow 19,95MPa$$

$$n = \frac{124MPa}{19,95MPa} = 6,21 > 1$$

4.8. SOLIDWORKS

Una vez establecido la mejor ubicación para los travesaños y largueros con sus medidas correspondientes y que brindaran la garantía de acuerdo a la casa de la calidad, el siguiente software a ser utilizado es Solidworks (versión estudiantil) que permite modelar y tener una idea más clara de diseño previo a su construcción.

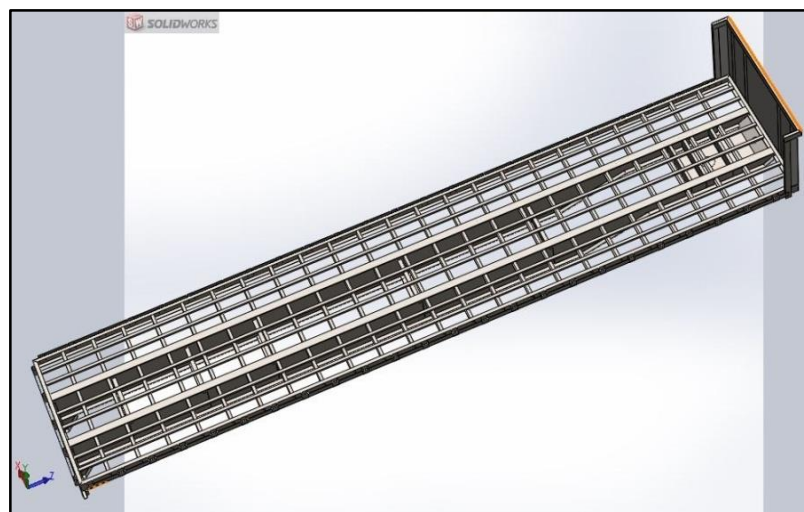


Figura 4.29 Diseño de la plataforma sin plancha corrugada

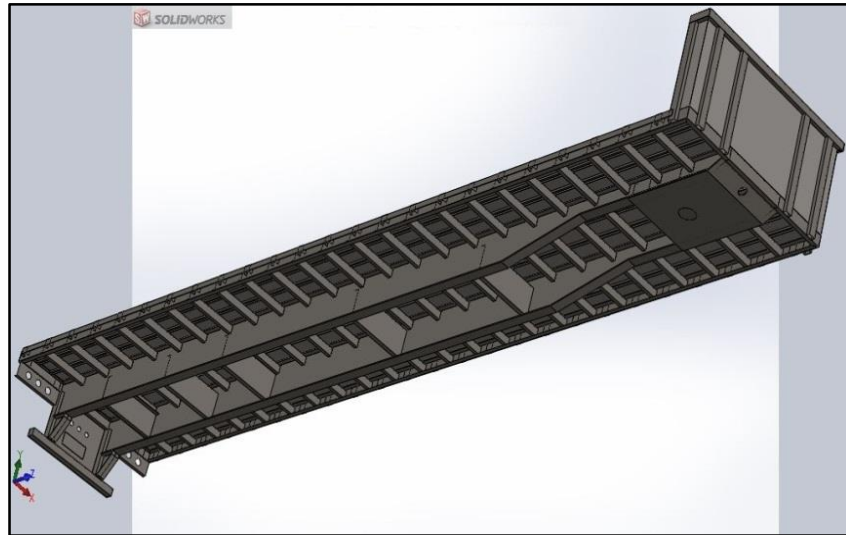


Figura 4.30 Diseño de plataforma terminada

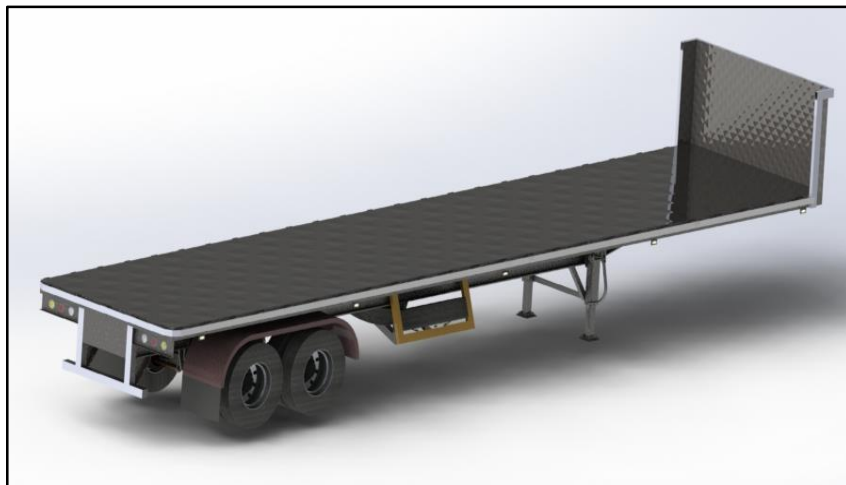


Figura 4.31 Diseño de la plataforma con accesorios

4.9. CONSIDERACIONES PREVIAS AL ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

El método de elementos finitos es utilizado para resolver problemas en diseños de ingeniería y otros ensayos similares, su principio de funcionamiento consiste en dividir a la pieza de estudio en varios elementos con una forma determinada que se encuentra siempre enlazados entre sí, para esto se generan un sistema de ecuaciones que se las resuelve de manera matemática para así determinar el estado tensional y deformaciones.

Este método en la actualidad permite resolver problemas que difícilmente se los puede obtener a través de métodos matemáticos usados de forma común.

En el pasado para la creación de proyectos era necesario elaborar prototipos que se puedan modificar lo que implicaba costos, en la actualidad gracias al método de elementos finitos se ha logrado reducir dicho proceso ya que realiza un sistema de cálculo real, sin embargo hay que tomar en cuenta que debido a las hipótesis de diseño no deja de ser un método aproximado de cálculo.

Para este tipo de métodos se utilizan programas denominados CAE (ingeniería asistida por computador), existe una amplia gama de softwares, para este proyecto se utilizará el programa *COMSOL Multiphysics 5.0* (versión estudiantil, que se lo puede obtener de www.comsol.com) debido a que optimiza el gasto computacional, nos permite seleccionar dimensión de espacio ya que en función de estos se crea los nodos que garantizaran la *convergencia*, además tiene la capacidad de sugerir y modificar el tipo de figura para la creación de la malla acorde al tipo de geometría del elemento.

4.9.1. DISCRETIZACIÓN

Es la modelación del elemento la cual consiste en dividir el mismo en cuerpos más pequeños a los que se denomina *elementos finitos*, estos están interconectados por medio de puntos a los cuales se denomina *nodos* los cuales definen las figuras para ser analizada, el método de elementos finitos al estar dividido en partes pequeñas resuelve todas las variables a la vez en lugar de tratar de intentar resolver al elemento como un solo conjunto.

Se debe tomar en cuenta la geometría de la pieza a ser analizada para determinar el tamaño de elementos finitos ya que se obtienen mejores resultados al ser estos de menor tamaño debido a que se crean en mayor

cantidad, sin embargo esto produce una gran cantidad de variables que genera un gasto computacional innecesario.

4.9.2. MALLADO

La formación del mallado comienza con la selección del tipo de figura de acuerdo al tipo de geometría del elemento de estudio; en el caso del presente proyecto se considera conveniente usar la malla del tipo tetraédrico libre por las perforaciones y contornos presentes en la pieza; el tamaño de malla será definido por el software, en caso de necesitar una variación se realizará en base al criterio del diseñador, por default el software crea una mayor cantidad de nodos en donde probablemente se produce mayor tensión.

El tamaño mínimo de elemento será de 0,01m. Para el tamaño de malla en el caso de los largueros ya que contienen orificios de pequeña dimensión.

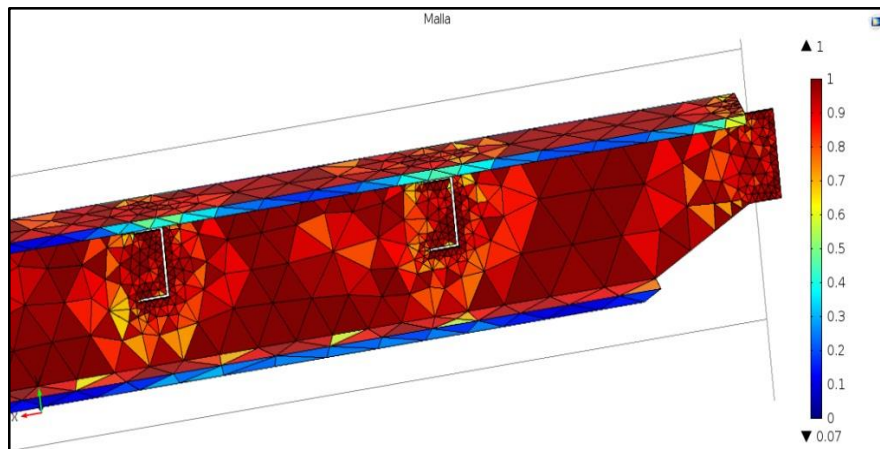


Figura 4.32 Mallado del larguero

4.9.3. CONVERGENCIA

La convergencia se refiere a la exactitud que existe entre una solución real y la solución que se obtiene mediante el método de elementos finitos, lo que el software realiza es la solución de ecuaciones de acuerdo al número de nodos, el número de ecuaciones es directamente proporcional al número de nodos. Al

tener una malla más fina la solución por el método de elementos finitos tiende a aproximarse más a la real como se indica la fig. 4.33, los criterios de convergencia garantizan una tendencia a la solución más aproximada sin embargo no permiten conocer el error.

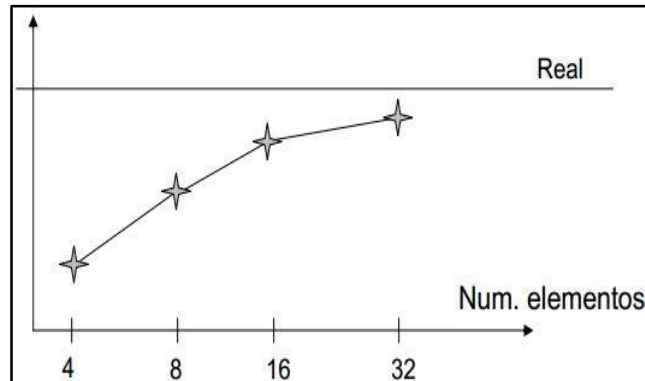


Figura 4.33 Relación número de elementos-real

Fuente:<http://www1.ceit.es/asignaturas/Estructuras2/Criterios%20convergencia.pdf>

4.9.4. COMSOL

Este software permite hacer el análisis por elementos finitos, con el fin de no tener riesgos al momento que sea cargada la estructura. Además permite obtener el valor de tensión de von Mises el cual se utilizará para comprobar su factor de seguridad.

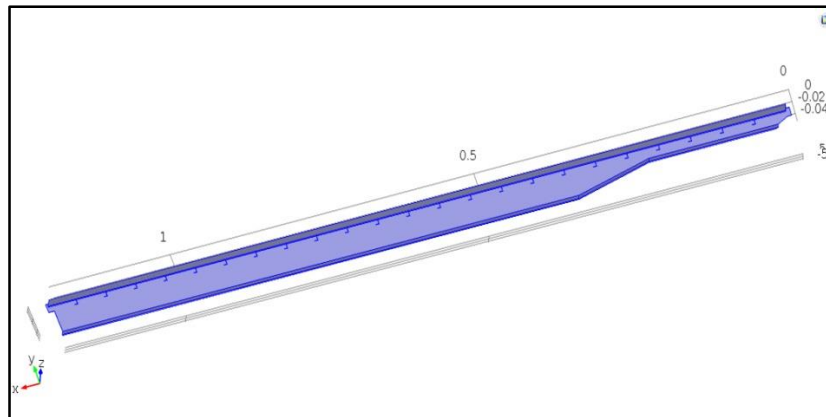


Figura 4.34 Designación del material al larguero

Se puede observar en la fig. 4.34 como al seleccionar el material se pronuncia de un color azul, el material asignado al elemento es el acero ASTM A-36.

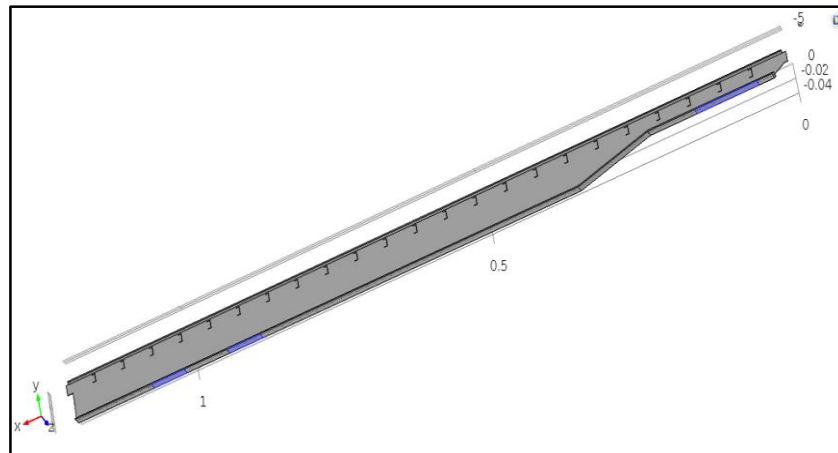


Figura 4.35 Asignación de puntos de apoyo

Las partes señaladas en este caso de color azul significan los puntos de apoyo que son donde están ubicados los ejes y plancha del King pin.

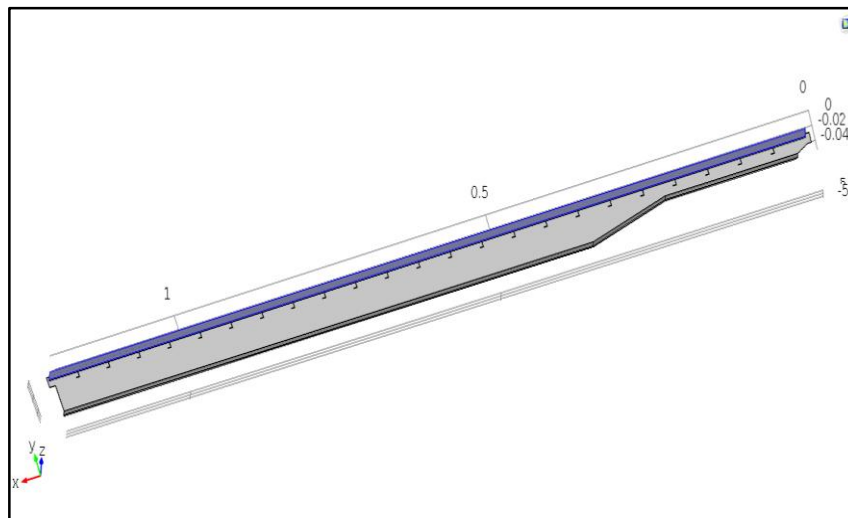


Figura 4.36 Ubicación de carga

Finalmente se coloca la carga a la que va a estar sometido el elemento en donde corresponde, en este caso está ubicado en la parte superior y se representa de igual manera en color azul.

4.10. POST PROCESAMIENTO

En el post procesamiento se muestran los resultados obtenidos en los softwares antes de iniciar su construcción, el valor de resistencia a la cadencia (S_y) se procede a dividir para el valor que se obtiene de la tensión de von Mises en el programa para así tener un resultado de factor de seguridad mayor a la unidad.

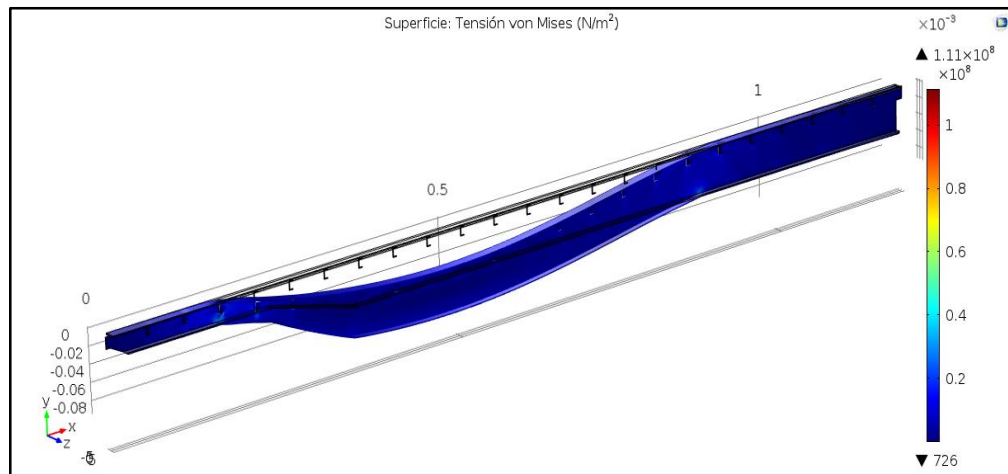


Figura 4.37 Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 1

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el larguero en la hipótesis uno es de $1.11 * 10^8 \text{ N/m}^2$.

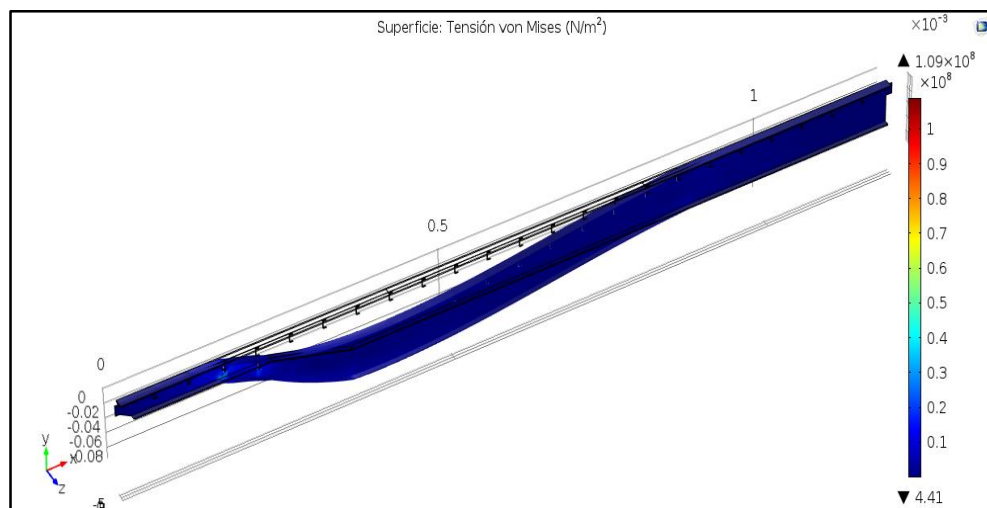


Figura 4.38 Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 2

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el larguero en la hipótesis dos es de $1.09 * 10^8 \text{ N/m}^2$.

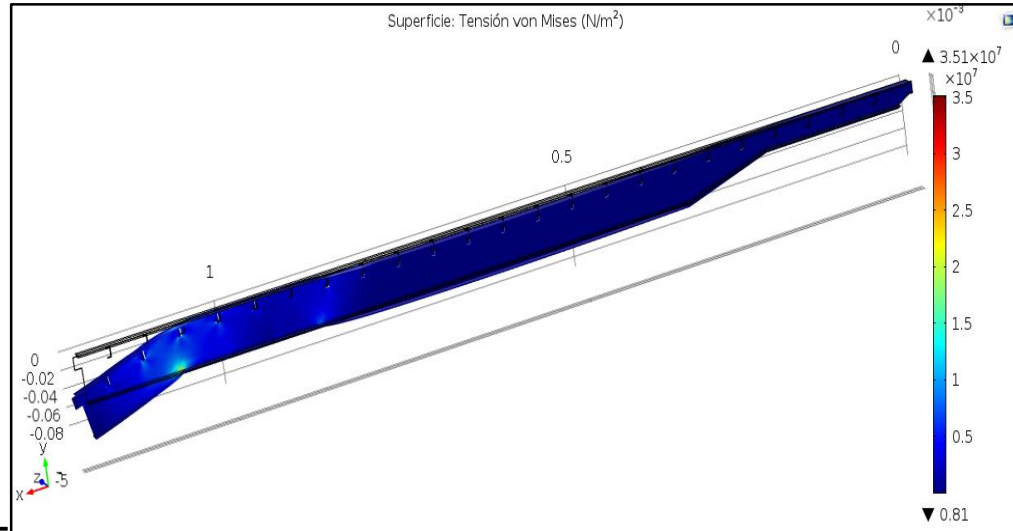


Figura 4.39 Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 3

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el larguero en la hipótesis tres es de $3.51 * 10^7 \text{ N/m}^2$.

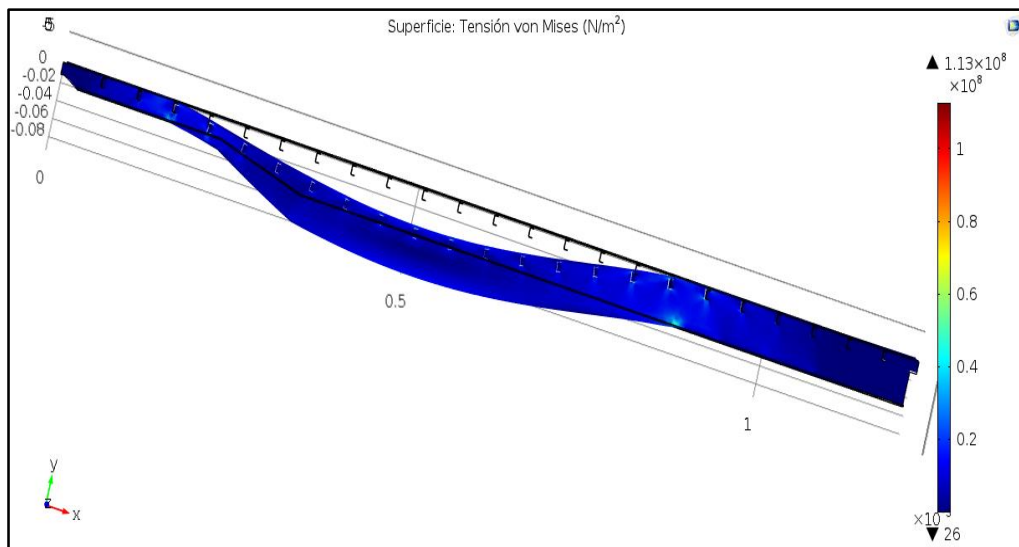


Figura 4.40 Análisis de tensión von Mises en el larguero en hipótesis 4

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el larguero en la hipótesis cuatro es de $1.13 * 10^8 \text{ N/m}^2$.

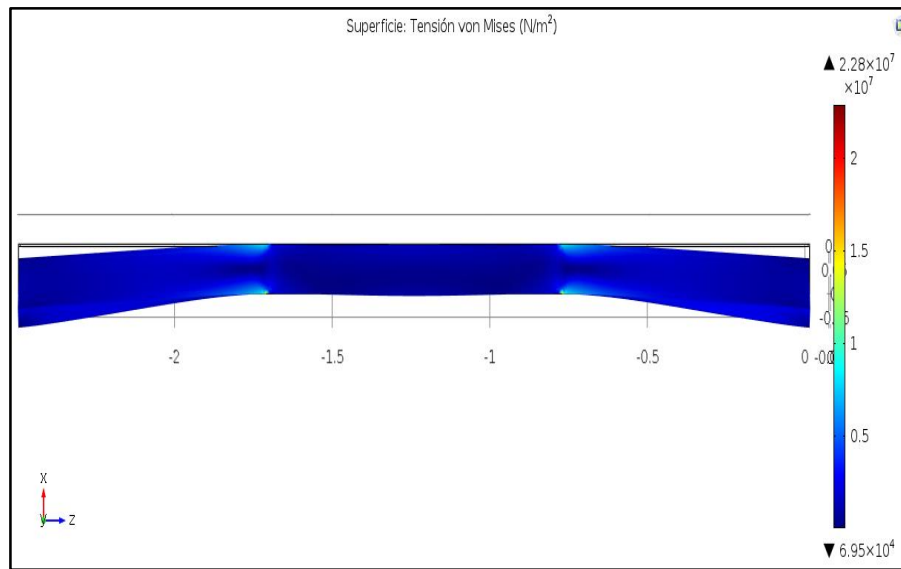


Figura 4.41 Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 1

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el travesaño en la hipótesis uno es de $2.28 \times 10^7 \text{ N/m}^2$.

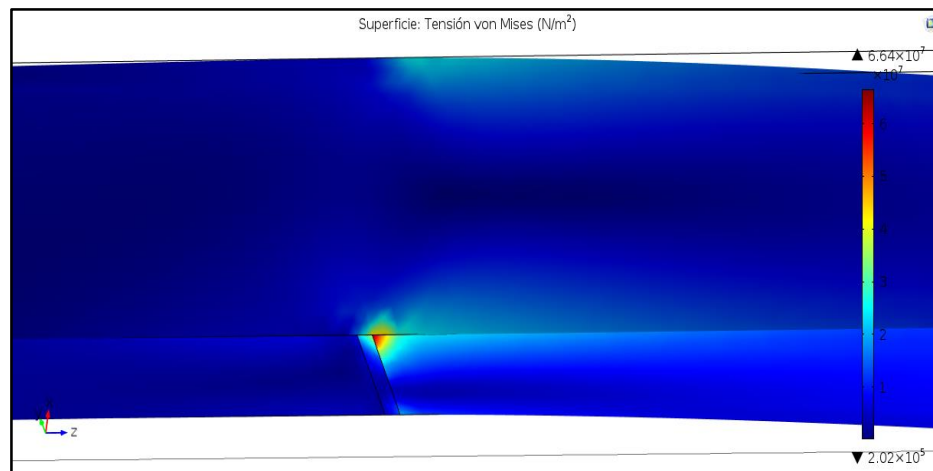


Figura 4.42 Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 2-3

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el travesaño en la hipótesis dos y tres es de $6.64 \times 10^7 \text{ N/m}^2$. En estas dos hipótesis se utiliza el mismo valor ya que interfieren el mismo número de travesaños en ambos casos.

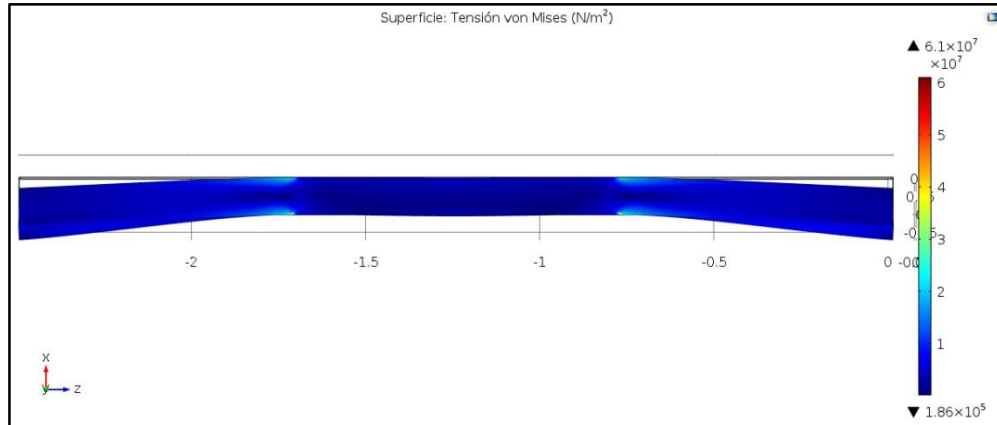


Figura 4.43 Análisis de tensión von Mises en el travesaño en hipótesis 4

El valor obtenido de la tensión de von Mises en el travesaño en la hipótesis cuatro es de $6.1 * 10^7 \text{ N/m}^2$.

4.11. PLATO DE GIRO

El plato de enganche debe estar diseñado para soportar una carga vertical del 47% del peso bruto vehicular de diseño con un factor de seguridad mínimo de 3,5. La capacidad de arrastre debe ser de por lo menos el doble del peso bruto vehicular de diseño con el mismo factor de seguridad. Entonces se utiliza las fuerzas horizontales máximas a las que será sometida la estructura utilizando las medidas de la plancha de King pin que es de material acero ASTM A-36.

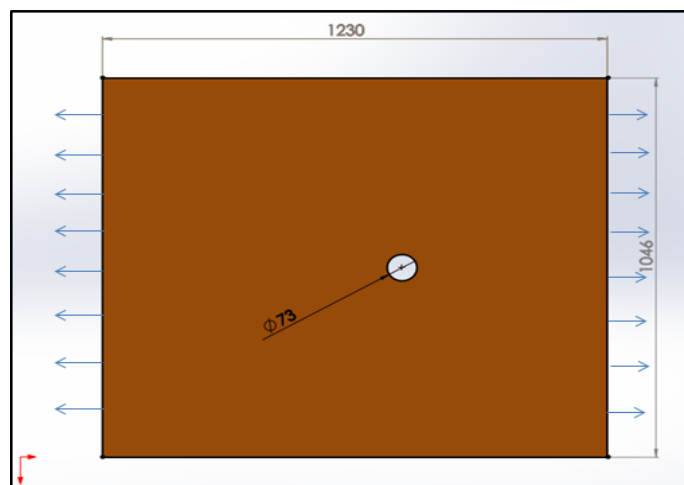


Figura 4.44 Plato de giro y sentido de fuerzas horizontales

Fuerza horizontal máxima

$$F = 2 * (CV + CM) \quad \text{Ecuación 4.8}$$

$$F = 2 * (16500\text{kg} + 5372,42\text{kg}) = 43744,84\text{kg}$$

Para el cálculo del área se considera el largo del plato de giro restando el orificio para el King pin multiplicándola por su espesor.

$$A = 10 * (1046 - 73)$$

$$A = 9730\text{mm}^2$$

Calculo de esfuerzo generado en el plato de giro

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad \text{Ecuación 4.9}$$

$$\sigma = \frac{43744,84\text{kg}}{9730\text{mm}^2}$$

$$\sigma = 4,5 \text{ kg/mm}^2$$

Resistencia a la cadencia acero ASTM A-36

$$S_y = 248\text{MPa} \therefore 25,30 \text{ kg/mm}^2$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma} \quad \text{Ecuación 4.10}$$

$$n = \frac{25,30 \text{ kg/mm}^2}{4,5 \text{ kg/mm}^2}$$

$$n = 5,6 > 3,5$$

4.12. DISEÑO DE LA SOLDADURA

El diseño de soldadura es un proceso en el cual se unen varios materiales, dicho proceso se realiza variando la temperatura hasta los puntos de fusión de las piezas a soldar y esto puede realizarse aplicando presión con o sin el aporte de un material extra a los que van a ser soldados. Este proceso tecnológico debe ser realizado por personal calificado ya que éste será el encargado de controlar y aplicar el material de aportación para obtener resultados óptimos y de calidad, no obstante, como es un proceso que puede ser realizado la mayoría de las veces por personas estos tienden a tener defectos los cuales pueden estar dentro o fuera de la soldadura o cerca de la superficie soldada. También existen procesos semi-automáticos en donde el personal solo controla el material de aporte pero no lo aplica, y procesos automáticos en donde el personal no hace más que controlar la calidad de soldadura que un equipo especializado realiza.

El control del proceso de soldadura va a depender mucho de tres factores los cuales son:

- Corriente de soldadura.
- Voltaje de soldadura.
- Velocidad de avance.

Estos factores van a tener mucha influencia en la calidad y características del cordón al finalizar el proceso de soldadura como: penetración, forma y otra naturaleza metalúrgica.

4.12.1. SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO REVESTIDO (SMAW)

Es uno de los procesos tecnológicos con más impacto en el mundo, ya que permitió el avance y desarrollo tecnológico de varias naciones dando grandes

resultados en los procesos de fabricación que hoy en día solo se ven reemplazados por modernos equipos.

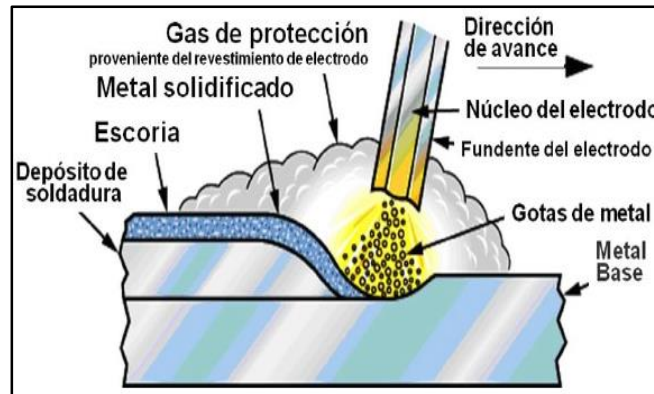


Figura 4.45 Componentes de la soldadura Smaw

Fuente: <https://corralesespinoza.wordpress.com/2014/05/29/sistema-de-soldeo/>

4.12.2. MATERIAL DE APORTE

Los tipos de electrodos que se usan para el proceso de construcción son de tipo consumibles ya que contienen el metal de aporte en la soldadura con arco eléctrico, el inconveniente a presentarse con este tipo de electrodos es que deben ser sustituidos de manera periódica lo que reduce el tiempo de arco eléctrico del soldador.

Se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones al momento de elegir el tipo de electrodos:

- Propiedades mecánicas del metal base a soldar.
- Espesor y forma del metal base a soldar.
- Especificaciones y condiciones de servicio de la estructura a fabricar.
- Posiciones de soldadura posibles durante la fabricación.
- Tipo de corriente de soldadura.
- Diseño de la unión.

En el país no existe una norma para soldadura impartida directamente por el INEN pero al igual que la mayoría de países sudamericanos se utiliza la norma AWS.

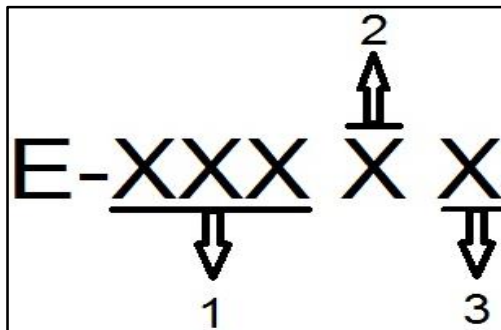


Figura 4.46 Designación de electrodos según la AWS

- Le letra E significa electrodo.
- 1 los dos primeros dígitos (o tres) significan la resistencia a la tracción del material depositado en miles de libras por pulgada cuadrada (lb/in²).
- 2 indica la posición para soldar del electrodo: 1-toda posición, 2-posición plana y horizontal, 3-solamente posición plana.
- 3 indica el tipo de revestimiento y de corriente eléctrica y de polaridad a usar.

Los materiales de aporte utilizados en la construcción de la plataforma son:

a. Electrodo E-6011

Es un tipo de electrodo del tipo celulósico, de *solidificación rápida* luego de haber sido fundido por el arco, se utiliza para soldaduras de penetración. Se utiliza fácilmente con corriente continua y alterna, en este caso utilizamos tipo de corriente continua.

Nos permite soldar en las siguientes posiciones:

- Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Las aplicaciones que se da a este tipo de electrodo son:

- Soldadura para aceros no templables o aceros dulces.
- Carpintería metálica.
- Estructuras y bastidores para máquinas.
- Chapas gruesas y delgadas, Entre otros.

Este tipo de electrodo ha sido utilizado en el proceso de construcción en elementos que no sobrepasen los 5mm de espesor y que no están sometidos a mayores esfuerzos.

b. Electrodo E-6013

Es un tipo de electrodo para *llenado-solidificación* lo que proporciona características de proporción intermedias entre depósito y penetración lo que proporciona un cordón de excelente aspecto.

Nos permite soldar en las siguientes posiciones:

- Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Las aplicaciones que se da a este tipo de electrodo son:

- Especialmente carpintería metálica con láminas delgadas, carrocerías, chasis.
- Todo tipo de recipiente sometido o no a presión.
- Caldería.
- Fabricación de puertas y ventanas.

Este tipo de electrodo ha sido utilizado en elementos que no sobrepasen los 5mm de espesor y no sometidos a presión, además que vayan a ser visibles como la talanquera.

c. Electrodo E-7018

Es un tipo electrodo de *bajo hidrogeno* y están diseñados para producir soldaduras de alta calidad, están disponibles ya sea con las características de solidificación rápida o llenado rápido, se recomienda mantener un arco corto para mejores resultados.

Nos permite soldar en las siguientes posiciones:

- Plana, horizontal, sobrecabeza, vertical ascendente, vertical descendente.

Entre las aplicaciones principales que se da a este tipo de electrodo son:

- Para aceros de mediano y bajo carbono, baja aleación.
- Para aceros laminados en frío, por sus características de resistencia a la deformación a altas temperaturas, su fácil manejo y óptimo rendimiento.
- Para soldadura de tubería de vapor.
- Calderas de alta presión, tanques.
- Piezas para maquinaria pesada.
- Construcciones metálicas en obra.
- Reparaciones navales.

Este tipo de electrodo es principalmente utilizado para elementos que van a estar sometidos a gran esfuerzo como los largueros.

4.12.3. FACTOR DE SEGURIDAD DE ELEMENTOS SOLDADOS

En los elementos que se va a unir mediante suelda es importante realizar el respectivo cálculo de factor de seguridad de manera de garantizar la resistencia de la estructura el momento de llevarla a su límite de capacidad de carga para la que está diseñada.

a. Suelda en los largueros, electrodo E7018

Para el caso de la construcción de los largueros que están conformados por dos elementos a ser unidos se utiliza el tipo de suelda de filete, este tipo de cordón recorrerá a lo largo de todo el perfil, su aspecto forma un triángulo que es el resultado de la unión entre las dos superficies. El tamaño mínimo para espesor de filete esta normado por la AWS a 2.4 (American Welding Society).

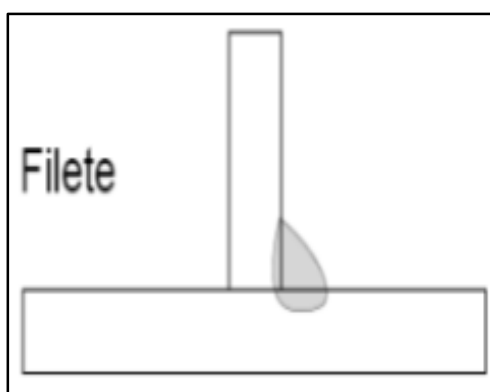


Figura 4.47 Soldadura a Filete

Fuente: http://web.ing.puc.cl/~capitulomecanica/archivos/02_05_Uniones%20Soldadas.pdf

Tabla 4.4

Tamaño mínimo de soldadura de filete

Espesor de la parte más gruesa unida (mm)	Dimensión nominal mínima del filete (mm)
Hasta 6	3
Mayor que 6 hasta 13	5
Mayor que 13 hasta 19	6
Mayor que 19	8

Fuente: (Avila, 2007)

Sin embargo para soldaduras en alma de vigas, no es necesario que el tamaño de las soldaduras exceda el requerido para desarrollar la capacidad del alma. Los requisitos anteriores no son aplicables. Por tanto la dimensión utilizada para la garganta será de 8mm en el caso del larguero. (Avila, 2007)

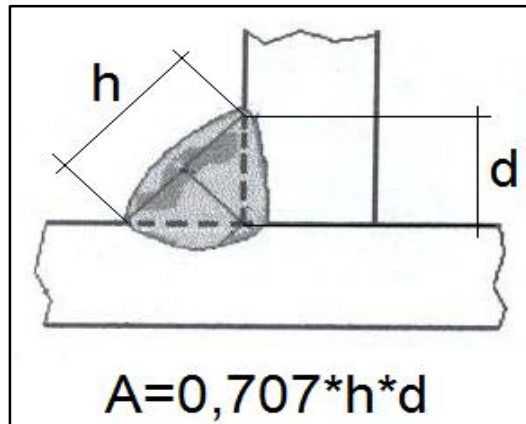


Figura 4.48 Dimensiones para área de garganta

Fuente: <http://dacero.usach.cl/grupo3.pdf>

Datos

$$S_y = 393MPa \therefore 40,10 \text{ Kg/mm}^2 ; \text{ Para E70XX}$$

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

$$d = 5,65\text{mm}$$

$$A = 0,707 * h * d$$

Ecuación 4.11

$$A = 0,707 * 8 * 5,65$$

$$A = 31,95\text{mm}^2$$

a.1. Factor de seguridad de la suelda en largueros, hipótesis 1

$$F = \frac{0,6\text{KN}}{\text{m}} * 12\text{m} = 7200\text{N} \therefore 734,69\text{Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{734,69\text{Kg}}{31,95\text{mm}^2} = 22,99 \text{Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{Kg/mm}^2}{22,99 \text{Kg/mm}^2} = 1,74$$

a.2. Factor de seguridad de la suelda en largueros, hipótesis 2-3

$$F = \frac{0,736\text{KN}}{\text{m}} * 4\text{m} = 2944\text{N} \therefore 300,4\text{Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{300,4\text{Kg}}{31,95\text{mm}^2} = 9,4 \text{Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{Kg/mm}^2}{9,4 \text{Kg/mm}^2} = 4,26$$

a.3. Factor de seguridad de la suelda en largueros, hipótesis 4

$$F = \frac{0,676\text{KN}}{\text{m}} * 4\text{m} = 2704\text{N} \therefore 275,9\text{Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{275,9\text{Kg}}{31,95\text{mm}^2} = 8,6 \text{Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{8,6 \text{ Kg/mm}^2} = 4,6$$

b. Suelda en los travesaños, electrodo E7018

Para el caso de la unión de los travesaños con los largueros se realiza el análisis de factor de seguridad ya que están directamente destinados para el soporte de carga, el tipo de soldadura es de filete y el tamaño de dimensión nominal de filete es de 5mm.

Datos

h= 5mm

d=3,63mm

$$A = 0,707 * h * d$$

$$A = 0,707 * 5 * 3,63$$

$$A = 12,49\text{mm}^2$$

b.1. Factor de seguridad de la suelda en travesaños, hipótesis 1

$$F = \frac{1,817\text{KN}}{m} * 0,4\text{m} = 726,8\text{N} \therefore 74,16\text{Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{74,16\text{Kg}}{12,49\text{mm}^2} = 5,937 \text{ Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{5,937 \text{ Kg/mm}^2} = 6,75$$

b.2. Factor de seguridad de la suelda en travesaños, hipótesis 2-3

$$F = \frac{1,84 \text{ KN}}{\text{m}} * 0,4 \text{ m} = 736 \text{ N} \therefore 75,1 \text{ Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{75,1 \text{ Kg}}{12,49 \text{ mm}^2} = 6,012 \text{ Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{6,012 \text{ Kg/mm}^2} = 6,67$$

b.3. Factor de seguridad de la suelda en travesaños, hipótesis 4

$$F = \frac{1,899 \text{ KN}}{\text{m}} * 0,4 \text{ m} = 759,6 \text{ N} \therefore 77,51 \text{ Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{77,51 \text{ Kg}}{12,49 \text{ mm}^2} = 6,20 \text{ Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{6,20 \text{ Kg/mm}^2} = 6,47$$

c. Suelta del King pin con el plato de giro, electrodo 7018

Fuerza horizontal máxima

$$F = 43744,84\text{kg}$$

El área para el cordón de soldadura circular:

$$A = 1,414 * h * r * \pi$$

Ecuación 4.12

$$A = 1,414 * 9 * 101,6 * \pi$$

$$A = 4061,95\text{mm}^2$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{43744,84\text{Kg}}{4061,95\text{mm}^2} = 10,77 \text{ Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{10,77 \text{ Kg/mm}^2} = 3,72$$

4.13. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tabla 4.5

Análisis de las fuerzas resultantes en el larguero

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	"Y" Fuerza Cortante (kN)	"Z" Momento Cortante (kN*m)	Factor de Seguridad (n)
1	0,3	-1,593	1,771	1,52
2	0,368	-1,228	0,997	2,7
3	0,368	-0,572	0,9	3
4	0,338	-1,826	2,295	1,17

Tabla 4.6

Análisis de las fuerzas resultantes en el travesaño

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	"Y" Fuerza Cortante (kN)	"Z" Momento Cortante (kN*m)	Factor de Seguridad(n)
1	0,079	0,32	0,093	5,81
2	0,23	0,093	0,099	5,46
3	0,23	0,106	-0,095	5,69
4	0,211	0,111	-0,87	6,21

Tabla 4.7

Análisis de tensión von Mises en el larguero

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	Resistencia a la cadencia(Mpa)	Tensión von Mises(N/m^2)	Factor de seguridad(n)
1	0.3798	248	$1.11 * 10^8$	2.2342
2	0.3685	248	$1.09 * 10^8$	2.2752
3	0.3685	248	$3.51 * 10^7$	7.0655
4	0.3383	248	$1.13 * 10^8$	2.1946

Tabla 4.8**Análisis de tensión von Mises en el travesaño**

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	Resistencia a la cadencia (Mpa)	Tensión von Mises (N/m^2)	Factor de seguridad
1	0.0791	248	$2.28 * 10^7$	10.87
2	0.2303	248	$6.64 * 10^7$	3.7349
3	0.2303	248	$6.64 * 10^7$	3.7349
4	0.2114	248	$6.1 * 10^7$	4.0655

Tabla 4.9**Análisis de diseño de soldadura en largueros**

Hipótesis	Fuerza (Kg)	Resistencia a la cadencia E70XX (Mpa)	Esfuerzo cortante medio (Kg/mm^2)	Factor de seguridad
1	734,69	393	22,99	1,74
2-3	300,4	393	9,4	4,26
4	275,9	393	8,6	4,6

Tabla 4.10**Análisis de diseño de soldadura en travesaños**

Hipótesis	Fuerza (Kg)	Resistencia a la cadencia E70XX (Mpa)	Esfuerzo cortante medio (Kg/mm^2)	Factor de seguridad
1	74,16	393	5,937	6,75
2	75,1	393	6,012	6,67
4	77,51	393	6,2	6,47

CAPÍTULO V

PROCESO DE MANUFACTURA

5.1. CONSIDERACIONES PREVIAS AL PROCESO DE MANUFACTURA

Para iniciar con el desarrollo de construcción del semirremolque tipo cama alta para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE-L se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Planos de la estructura.
- Amplio espacio de trabajo que permita la construcción de la plataforma.
- Mano de obra suficiente y calificada.
- Material de aporte necesario para la estructura.
- Material existente en el mercado.
- Herramientas adecuadas para la desarrollo este tipo de estructura.
- Equipo de protección personal para evitar accidentes laborales.



Figura 5.1 Área de trabajo

5.2. DETERMINACIÓN DE LOS DIAGRAMAS DE PROCESOS

5.2.1. OPERACIONES TECNOLÓGICAS

Este punto comprende el detalle de todas las actividades realizadas en el proceso de construcción con el fin de obtener la estructura para el semirremolque.






Tabla 5.1
Operaciones tecnológicas

N° DE OPERACIÓN	OPERACIÓN
1	Medición y Trazado
2	Corte del material
3	Limpieza de rebabas
4	Esmerilado
5	Proceso de Soldadura
6	Taladrado
7	Doblado

5.2.2. CURSOGRAMA SINÓPTICO DE LA CONSTRUCCIÓN

En el cursograma siguiente se dan a conocer las operaciones tecnológicas, no necesariamente en el orden que se realizan sino de acuerdo a la necesidad de construcción de la estructura ya que son operaciones que se van a repetir varias veces dentro del proceso de construcción, este proceso se realiza tomando en cuenta los planos previamente realizados en el proceso de diseño; se utiliza nomenclatura detallada en la tabla 5.2, el tiempo expresado en minutos se encuentra al lado izquierdo de cada símbolo.

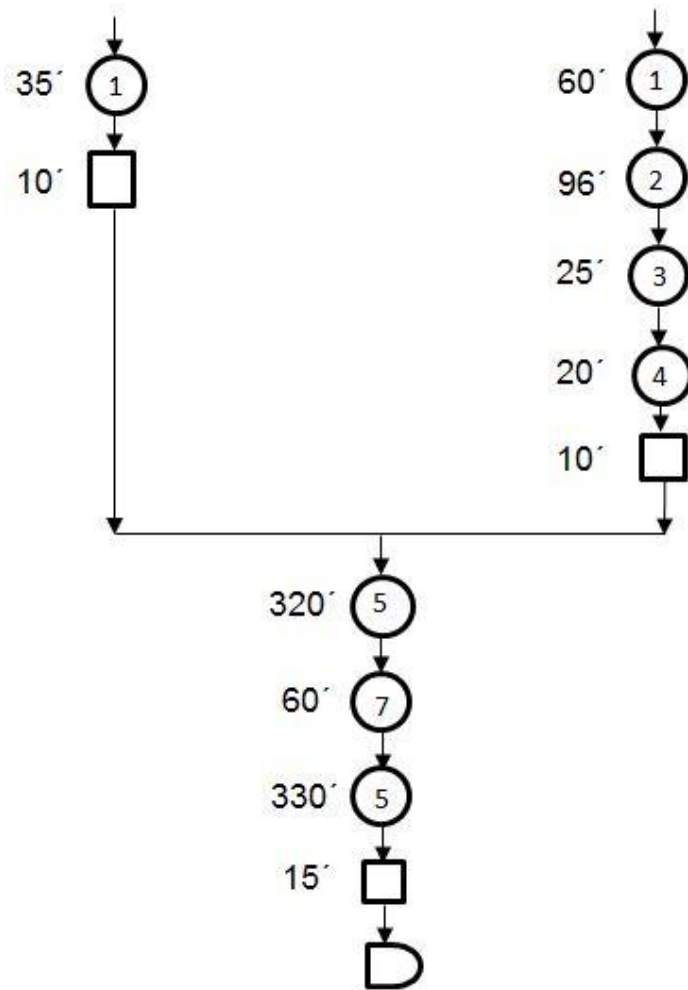
Tabla 5.2
Simbología

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

a. Desarrollo del larguero para el chasis (2 veces)

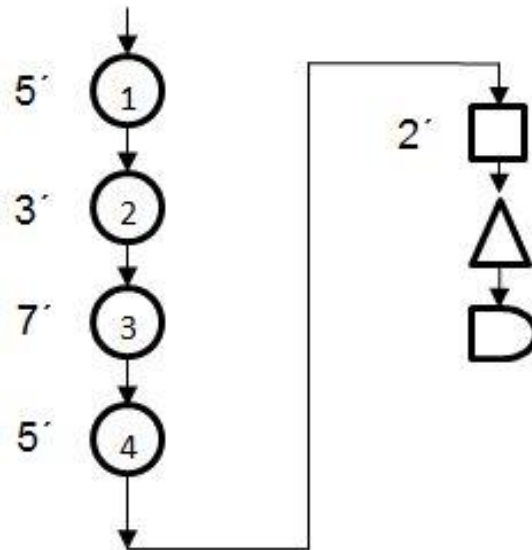
Platina 1: 12000x130x15mm

Platina 2: 12000x505x6mm



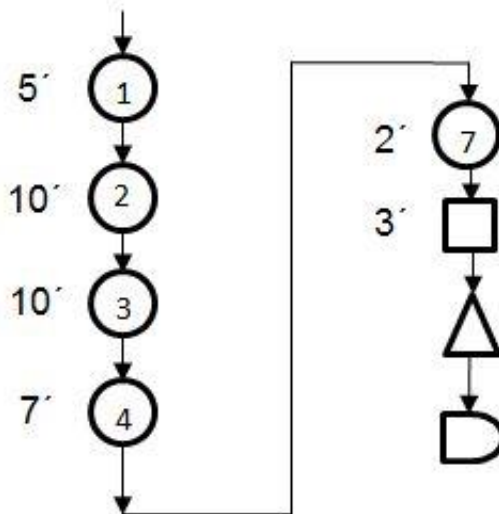
b. Desarrollo para travesaño (24 veces)

Perfil tipo C 100x50x5mm

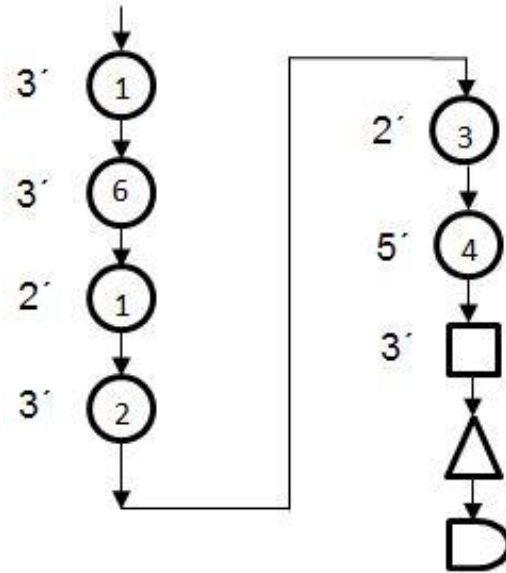


c. Desarrollo para separador (5 veces)

Plancha doblada 380x66x6mm

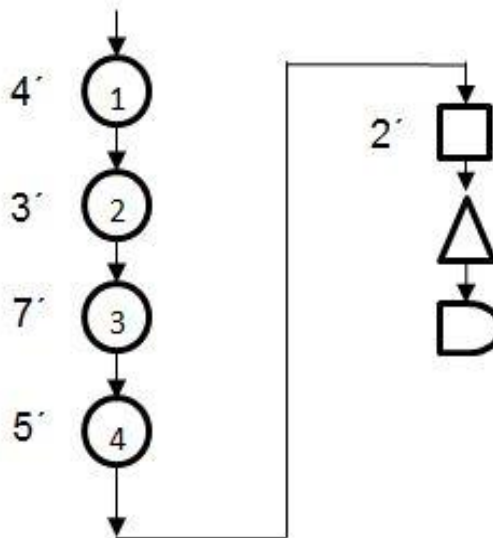


d. Desarrollo de orificios para travesaños en larguero (48 veces)



e. Desarrollo laterales junto a travesaños (6 veces)

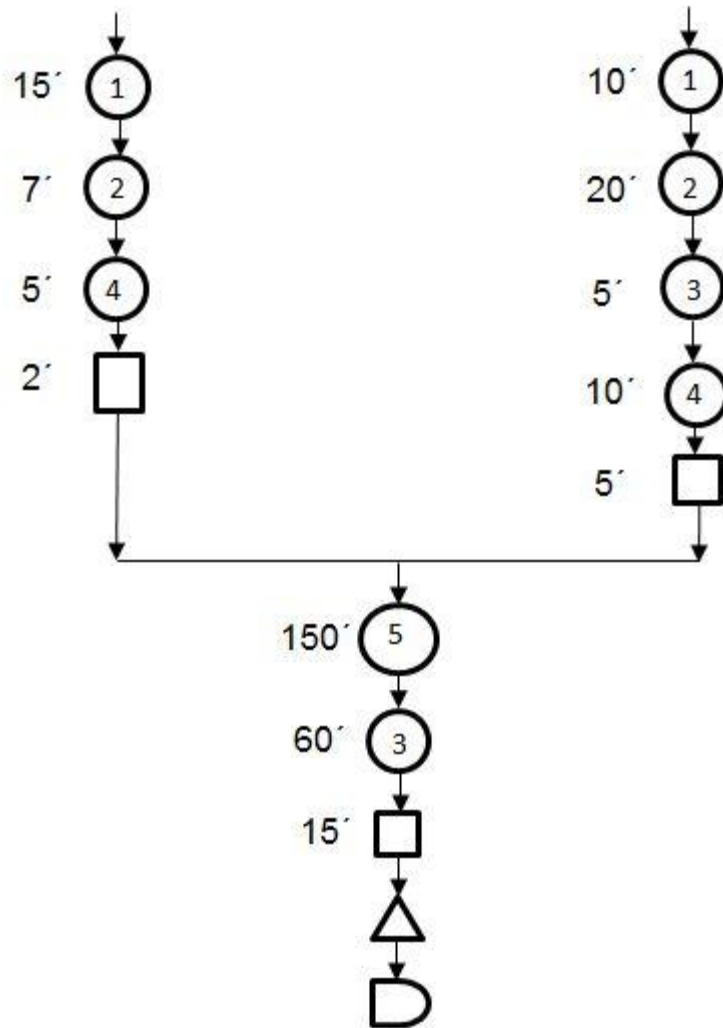
Perfil tipo C 150x50x6mm



f. Desarrollo de talanquera

Perfil tipo C: 100x50x5mm

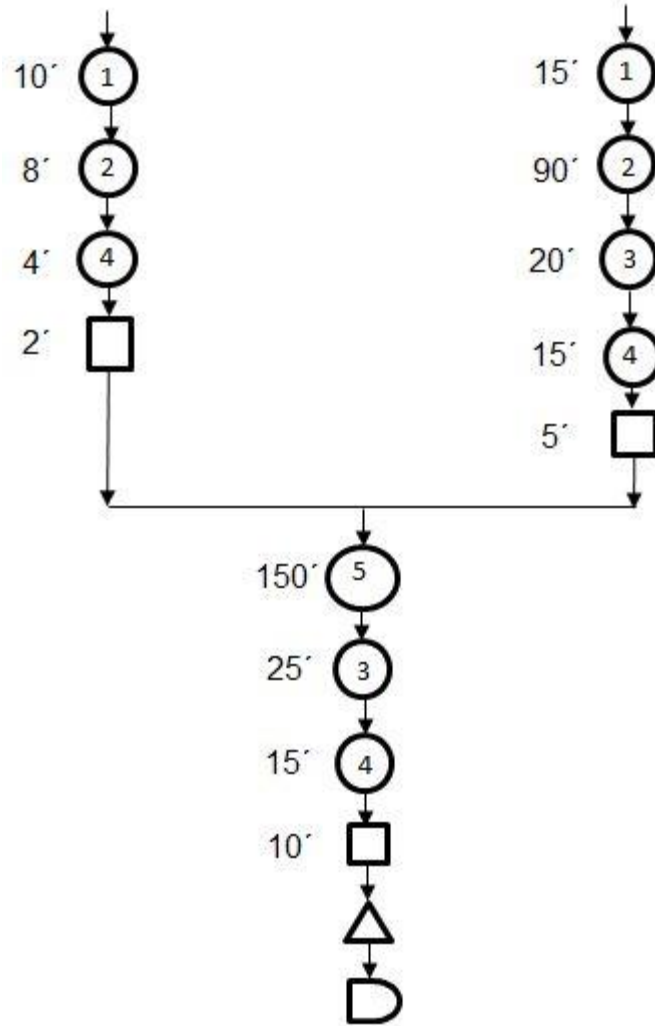
Plancha: 3 mm



g. Desarrollo Base para King pin

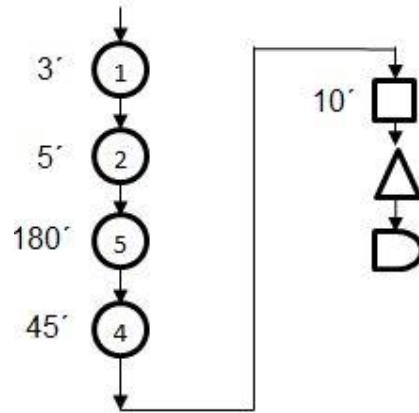
Perfil tipo C: 200x50x8mm

Plancha: 12mm



h. Desarrollo Perfil soporte para plancha

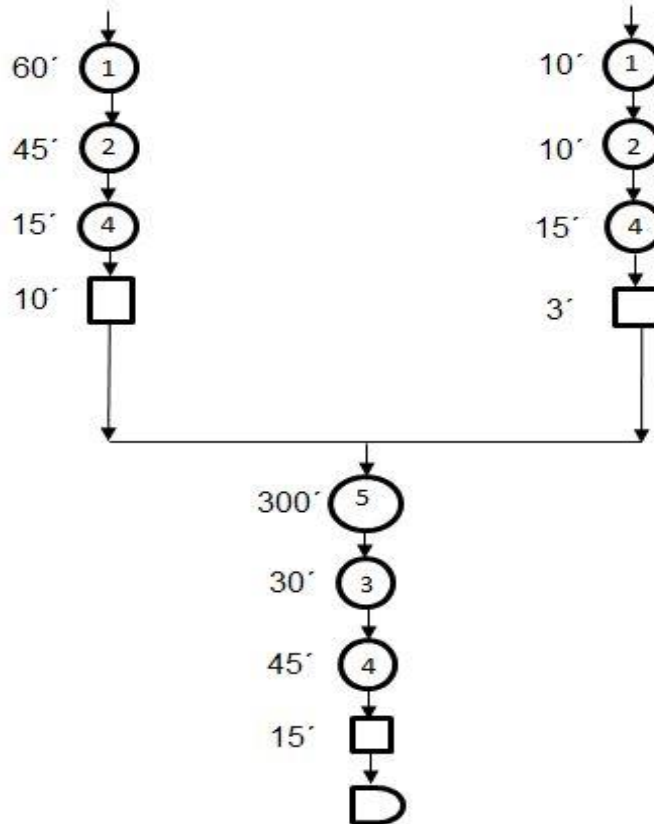
Perfil estructural correa: 60x30x10x3mm



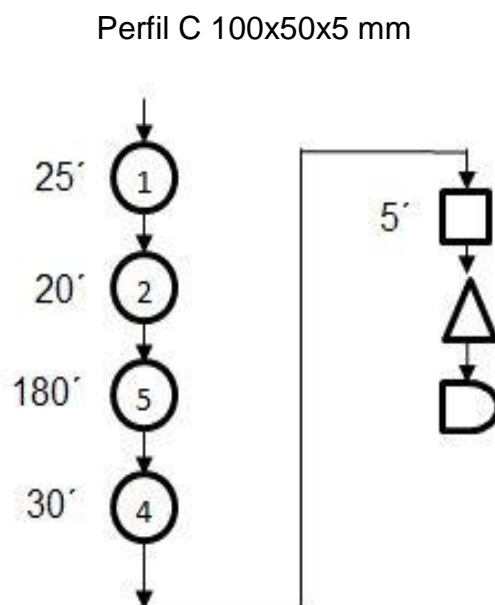
i. Desarrollo sujetadores de carga

Perfil tipo C: 100x50x5mm

Platina: 12x6mm



j. Desarrollo guardachoque

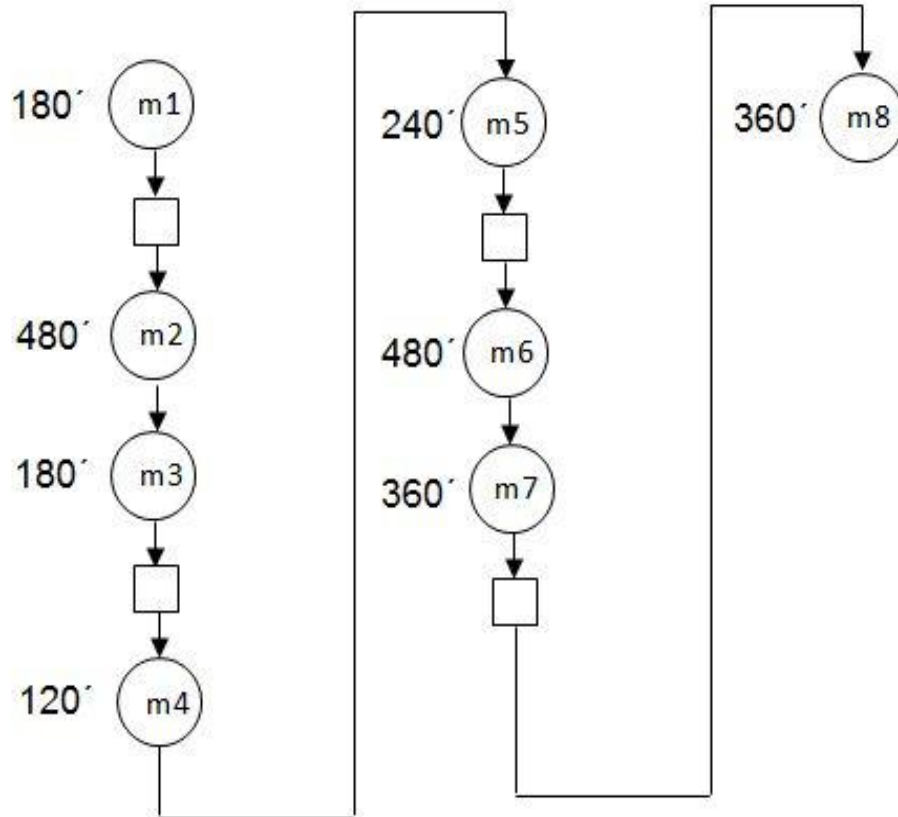


5.2.3. CURSOGRAMA DE MONTAJE

Tabla 5.3
Operaciones de montaje

OPERACIONES DE MONTAJE	CÓDIGO
Montaje de separadores	m1
Montaje de travesaños en largueros	m2
Montaje de laterales sobre largueros y travesaño	m3
Montaje para soporte de la plancha corrugada	m4
Montaje de la base para King Pin	m5
Montaje de talanquera	m6
Montaje de sujetadores de carga	m7
Montaje de guardachoque	m8

a. Diagrama



5.3. SELECCIÓN DE HERRAMIENTAS

5.3.1. TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

La construcción del semirremolque tipo cama alta para la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga se llevó a cabo en el la mecánica industrial Marcelo Chuquitarco en el cantón Latacunga provincia de Cotopaxi y las máquinas y equipos que fueron utilizados en la construcción de la misma se detallan a continuación en la tabla 5.4.

Tabla 5.4

Máquinas y equipos

DESIGNACIÓN	MÁQUINA Y/O EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
M1	Sistema Corte Oxi-acetileno	Botella de oxígeno: Presión 2000PSI Botella de acetileno: Presión 2000PSI
M2	Soldadora Indura Modelo 400 AC/DC	Salida Nominal AC: 400 amp. 54Vp 330 amp. 70 Vo Salida Nominal DC: 270 amp. 65Vo
M3	Amoladora DeWalt Modelo D28492K	Tensión: 110-115v Potencia Absorbida: 2200W Velocidad sin carga: 6500rpm Máximo diámetro del disco: 230mm
M4	Tronzadora DeWalt Modelo: DW872	Tensión: 110-115v Potencia Absorbida: 2200W Velocidad sin carga: 1300rpm Máximo diámetro del disco: 355mm
M5	Taladro DeWalt Modelo: DW217	Tensión: 110-115v Potencia Absorbida: 675W Velocidad sin carga: 4000rpm Capacidad de porta brocas: 0,5-1,0mm
M6	Compresor Campbell Modelo: CHCI5308H	Tensión: 20/60HZ Motor: 5.0 HP Caudal: 18,8 CFM @ 90 PSI Presión máxima: 175 PSI

5.4. EL PROCESO DE MANUFACTURA DE LA ESTRUCTURA

Una vez concluido el proceso de diseño basados en análisis de materiales existentes en nuestro medio podemos realizar la adquisición de dichos elementos para empezar la construcción de la plataforma para semirremolque, en esta sección se detalla este proceso paso a paso.

5.4.1. LARGUEROS



Figura 5.2 Materiales para la construcción de los largueros

- El tipo de perfil I que se forma para los largueros está constituido por dos tipos de materiales debido a la geometría de estos elementos, se utilizó planchas laminadas de 6 mm de espesor y platina de 130x15mm.



Figura 5.3 Medición de planchas laminadas

- Medición de plancha laminada de 6 mm de espesor, el material usado es acero ASTM A-36.



Figura 5.4 Plancha cortada para el perfil de larguero



Figura 5.5 Comprobación de perpendicularidad para perfil del larguero

- La geometría del larguero tiene la forma de un perfil tipo I por tanto debe quedar de manera perpendicular la platina 130x15mm con la plancha laminada de 6 mm de espesor.



Figura 5.6 Platina fijada perpendicularmente a la plancha laminada en la parte inferior



Figura 5.7 Colocación de cadena para fijar la platina en la parte superior de la plancha laminada

Una vez fijada la platina inferior a la plancha laminada se procede a colocar la platina superior sujetándola con ayuda de una cadena tensora de tal manera que ejerza presión para darle la forma adecuada manteniendo siempre la perpendicularidad.

5.4.2. SEPARADORES



Figura 5.8 Colocación de separadores de largueros

Los separadores se encuentran localizados en la mitad de los largueros a fin de conservar su geometría y distancia entre los mismos, están constituidos

de una plancha laminada formando un perfil tipo C 380x66x6mm y este proceso se lo realiza con ayuda de una maquina dobladora.

5.4.3. TRAVESAÑOS



Figura 5.9 Corte de perfil para travesaños

Para los travesaños se usa Perfil tipo C 100x50x6mm de material acero ASTM A-36 con las medidas de 2480 mm cada uno.

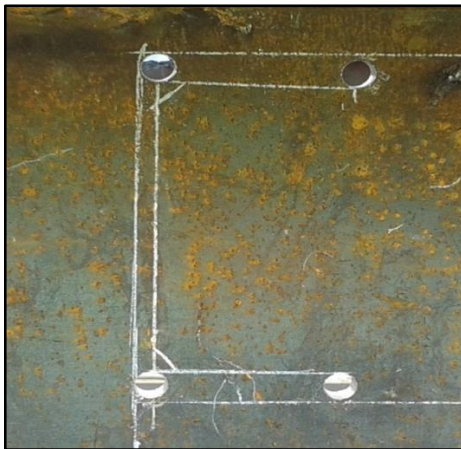


Figura 5.10 Medición para perforación en el larguero

- En la parte del larguero se debe realizar orificios que tengan la forma del perfil para travesaño, este proceso se realiza con ayuda de brocas y de corte Oxi-acetileno.



Figura 5.11 Montaje de los travesaños en el larguero



Figura 5.12 Estructura con travesaños y laterales ubicados

5.4.4. TALANQUERA



Figura 5.13 Acoplamiento de perfil con plancha laminada para talanquera

Para la construcción de la talanquera utilizamos perfil tipo C 100x50x5mm y plancha laminada 3 mm, dicho elemento sirve de apoyo en la parte frontal del semirremolque de manera que la carga o contenedor se vaya en contra del tracto camión cuando baje una pendiente o frene bruscamente.



Figura 5.14 Talanquera de la estructura

5.4.5. SOPORTES DE PLANCHA CORRUGADA



Figura 5.15 Colocación de soportes para plancha



Figura 5.16 Estructura previa a la colocación de las planchas corrugadas

Se utiliza perfil estructural correa 60x30x10x3mm, dichos perfiles se encuentran ubicados paralelos a los largueros formando 6 filas su objetivo es sostener de manera uniforme la plancha corruga donde se ubicara la carga.

5.4.6. BASE KING PIN



Figura 5.17 Perfiles internos para base de King pin

Para la base del King pin se utiliza Perfil tipo C 200x50x8mm y están localizados en la parte interna de los largueros; además, en la parte inferior se localiza una plancha laminada de 12 mm de espesor.



Figura 5.18 Plancha laminada para King pin

5.4.7. PLANCHA CORRUGADA



Figura 5.19 Plancha corrugada, vista inferior



Figura 5.20 Plancha corrugada, vista exterior

Ubicación de la plancha corrugada que tiene un espesor de 3mm, la razón es para evitar el deslizamiento de la carga a través de su superficie.

5.4.8. GUARDACHOQUE



Figura 5.21 Perfiles para guardachoque



Figura 5.22 Guardachoque

El guardachoque está compuesto de la unión de dos perfiles tipo C100x50x5mm y tol de 2 mm que forman un cuadrado con el fin de mantener la geometría de la estructura y darle una mejor apariencia.

5.4.9. SUJETADORES DE CARGA



Figura 5.23 Sujetadores de carga



Figura 5.24 Platina de contorno

Los sujetadores de carga cumplen el objetivo de mantener fijas las cintas de trincaje, están compuestos de perfil tipo C100x50x5mm y Platina: 12x6mm.



Figura 5.25 Estructura para semirremolque

Plataforma lista para la instalación de accesorios y partes para cumplir la función de semirremolque para la Universidad de las Fuerzas Armadas extensión Latacunga.

5.5. EL PROCESO DE SOLDADURA

El proceso de soldadura usado para la construcción del semirremolque es de tipo SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), por sus siglas en ingles que significa soldadura por electrodo revestido, en el que la unión de dos partes se fusiona mediante el calor de un arco eléctrico. Se debe conocer acerca del material de aporte a ser usado con sus características específicas, tipo de corriente eléctrica e intensidad de corriente.

A continuación se muestra una serie de imágenes del proceso de soldadura en la construcción de la plataforma:



Figura 5.26 Soldadura en el larguero

- Soldadura de platina con plancha laminada utilizando electrodo E-7018 para larguero en posición horizontal para la platina inferior y posición sobrecabeza para la platina superior, es necesario que se encuentren perfectamente alineadas para garantizar su unión.



Figura 5.27 Soldadura de platina superior de larguero



Figura 5.28 Soldadura en la talanquera

- Proceso de soldadura en la talanquera de perfil tipo C con plancha laminada, el tipo de posición es vertical y está realizada con electrodo E-6013 por su buen aspecto.



Figura 5.29 Soldadura de plancha corrugada

- En el proceso de soldadura en el momento de apoyar la plancha corrugada sobre la estructura el tipo de unión es traslape, este proceso se lo realiza en todo el contorno de la plancha corrugada con electrodo E-6011.



Figura 5.30 Soldadura de sujetadores de carga

- En la soldadura de los sujetadores de carga que son perfiles tipo C con platina tenemos un tipo de unión borde.

CAPÍTULO VI

PROTOCOLO DE PRUEBAS Y COSTOS

Como se mencionó en anteriores capítulos es importante lograr un acuerdo garantía-satisfacción entre la voz del ingeniero y la voz del usuario a fin de culminar el proyecto con total normalidad, por ello es indispensable realizar distintas pruebas en lo que se refiere a la plataforma.

6.1. ESCENARIO DE LAS PRUEBAS

El escenario de pruebas es el lugar en donde se realiza todos los tipos de comprobaciones de la plataforma antes de ser entregada finalmente al usuario con el objetivo de encontrar algún desperfecto en la estructura y lo ideal es probarla al límite de las especificaciones establecidas por el fabricante.

6.1.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESCENARIO

Las pruebas se realizan en la provincia de Cotopaxi ciudad Latacunga, el día martes 03 de febrero de 2015 a las 16:00 horas, tiene las siguientes características que son:

- 2750 metros sobre el nivel del mar.
- Temperatura de 13 grados centígrados.
- Descripción atmosférica tormentas.
- Velocidad promedio del viento 9 km/h.
- Lluvia 2.5 mm.
- Humedad 91%.
- Presión 1008hPa.

6.2. PRUEBAS DE CAMPO

Las pruebas de campo son aquellas que están enfocadas directamente a la construcción de la plataforma.

6.2.1. PRUEBAS DE DIMENSIONES

Esta prueba tiene que ver con las medidas de todos los elementos que forman parte de la plataforma de tal modo que sus dimensiones no sobrepasen las dimensiones establecidas por el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO) como se indica en la tabla 6.1 de este modo se garantiza que el semirremolque pueda circular con total normalidad por las vías del país.

Tabla 6.1
Dimensiones controladas por (MTO)

DIMENSION	VALOR(mm)	CUMPLE	NO CUMPLE
Largo Total	12171	X	
Ancho Total	2600	X	
Alto	2634	X	

- El peso máximo controlado por el ministerio de transporte y obras públicas para un semirremolque tipo S2 es de 20 Ton. El peso de la estructura para semirremolque es de 3869,922Kg y se estima que con la implementación de sus accesorios para semirremolque el peso sea 5372,422 Kg.
- Conforme a lo establecido en el acuerdo ministerial número 36 en el literal 1 para los semirremolques habrá una tolerancia de +0,20 centímetros, para lo cual el semirremolque será desconectado de la combinación con el cabezal (MTO, 2014).

6.2.2. PRUEBAS DE CARGA

a. Pruebas de semirremolque sin carga

Se realiza una prueba visual de errores en la construcción antes de su funcionamiento.

b. Pruebas de semirremolque con carga

Se realiza la prueba de carga establecida por el fabricante sobre el semirremolque para observar el comportamiento de la estructura tipo cama alta.



Figura 6.1 Prueba de semirremolque con carga

6.2.3. PRUEBAS DE SOLDADURA

Esta prueba se realiza de manera visual, se verifica la calidad del cordón, el ancho y profundidad del mismo. En la tabla 6.2 se detalla los elementos verificados.

Tabla 6.2

Pruebas de soldadura

ELEMENTO	BUENO	REGULAR	MALO
Soldadura de largueros	X		
Soldadura de Separadores	X		
Soldadura de travesaños	X		
Soldadura de talanquera	X		
Soldadura de base para King pin	X		
Soldadura de plancha antideslizante	X		
Soldadura en guardachoque	X		
Soldadura sujetadores de carga	X		

6.3. CONCLUSIONES AL PROTOCOLO DE PRUEBAS

- Se realizó las pruebas correspondientes de manera que se cumpla con los requerimientos del usuario en el diseño y construcción de la plataforma tipo cama alta.
- Las pruebas se realizaron en una hora y escenario específico considerando las condiciones climáticas donde va a pasar mayor tiempo el semirremolque.
- Se cumplió con las dimensiones establecidas por el ministerio de transporte y obras públicas (MTOB), con esto se garantiza la libre circulación del semirremolque en el país.
- Se revisó la calidad de los cordones de soldadura que se encuentran en los distintos elementos de la plataforma para garantizar que soporta el peso establecido por el fabricante.

6.4. COSTOS

Se tiene como misión detallar todos los costos que han sido parte del desarrollo del presente proyecto ya que es importante conocer el monto total y parcial de inversión para así, una vez culminado saber si se ha cumplido la meta de la casa calidad que es un “semirremolque tipo cama alta a bajo costo”.

A continuación se detallan una serie de costos que incluyen el desarrollo de la plataforma tipo cama alta, tales como: materiales, soldadura, estructura, mano de obra, costes de diseños, costes varios y una vez culminado el detalle se procederá a sumarlos para así conocer el coste total del proyecto.

6.4.1. MATERIALES

El costo total de materiales de construcción de la plataforma tipo cama alta asciende a \$ 6,004.96 dólares americanos y están detallados a continuación.

6.4.2. SOLDADURA Y OTROS

El costo empleado en materiales de soldadura y herramientas de desgaste es de \$ 1.650,00 que se usó en todo el proceso de construcción del semirremolque.

Tabla 6.4
Costos de soldadura y otros

ORDEN	CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	5	Cajas Electrodo 7018 AGA	\$ 90,00	\$ 450,00
2	2	Caja Electrodo 6011 AGA	\$ 90,00	\$ 180,00
3	2	Caja Electrodo 6013 AGA	\$ 90,00	\$ 180,00
4	8	Botellas Oxígeno AGA	\$ 30,00	\$ 240,00
5	300	Doblés de Planchas	\$ 1,50	\$ 450,00
6	30	Piedras de Pulir	\$ 5,00	\$ 150,00
TOTAL				\$ 1.650,00

6.4.3. MANO DE OBRA

Para calcular este valor se toma como referencia el valor/hora promedio en relación a la remuneración básica unificada y el tiempo para la realización total de la construcción de la plataforma y el número de empleados que realizan esta actividad.

Tabla 6.5
Costos de mano de obra

Valor/Hora	N° Empleados	Horas/Mes	Meses	Costo Total
\$ 2,13	3	40	3	\$ 766,00

6.4.4. COSTOS DE DISEÑO

El costo de diseño que ha tenido el proyecto se calcula en base al tiempo previo al del inicio de su construcción.

Tabla 6.6
Costos de diseño

Valor/Hora	Horas/Mes	Meses	Costo Total
\$ 4,00	40	7	\$ 1.120,00

6.4.5. COSTOS VARIOS

Estos costos comprenden todos los gastos realizados fuera de los procesos de diseño y construcción de la plataforma tipo cama alta. En dichos gastos están incluidos tanto el desarrollo de la parte logística como teórica del proyecto.

Tabla 6.7
Costos varios

ORDEN	CANTIDAD	DETALLE	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1000	Impresiones a color	\$ 0,04	\$ 80,00
2	800	Impresiones b/n	\$ 0,08	\$ 32,00
3	6	Anillados	\$ 1,50	\$ 9,00
4	2	CD's	\$ 1,00	\$ 2,00
5	2	Empastados	\$ 20,00	\$ 40,00
6	300	copias	\$ 0,02	\$ 6,00
7		Viajes		\$ 600,00
8		Imprevistos(valor de inflación actual 2,70% para material)		\$ 258,80
TOTAL				\$ 1.027,80

6.4.6. COSTO TOTAL DEL PROYECTO

El valor de la suma total de los costos para la elaboración de diseño y construcción de la plataforma tipo cama alta se detalla a continuación en la tabla 6.8.

Tabla 6.8

Costo total del proyecto

Denominación	Subtotal
costo de materiales	\$ 6004,96
costo de soldadura y otros	\$ 1.650,00
costos de mano de obra	\$ 1.704,00
costos de diseño	\$ 1.120,00
costos varios	\$ 1.027,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO	\$ 11.505,96

CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al culminar el presente proyecto es posible obtener una serie de conclusiones y recomendaciones en base a los objetivos planteados así como las establecidas en la casa calidad, estos se detallan en los siguientes ítems.

7.1. CONCLUSIONES

- Mediante el programa Risa se puede modificar la distancia entre travesaños para así concluir en la opción ideal de diseño.
- El uso del programa solidworks permite realizar el modelado de manera real de la plataforma para así obtener un buen acabado, además de contar con planos correspondientes a la estructura que garanticen su construcción.
- En el método de elementos finitos es indispensable seleccionar el tipo de malla correcto para optimizar el gasto computacional y lograr un resultado aproximado al real.
- Mediante el programa Comsol se obtiene el valor de tensión de von Mises para obtener el factor de seguridad y así garantizar el diseño de la plataforma.
- Los resultados obtenidos en softwares especializados deben ser analizados bajo el criterio del diseñador y constructor debido a las múltiples restricciones que existan en el mercado que se vaya a realizar la construcción de la estructura.

- El análisis de la plataforma ha sido desarrollado en varios softwares de diseño para verificar que los factores de seguridad sea mayor que 1 tomando en cuenta varias hipótesis de carga extrema en la plataforma.
- Las soldaduras utilizadas sobre la estructura deberán resistir varias repeticiones de carga durante su vida útil, y se diseñaron tomando en cuenta la posibilidad de falla por fatiga.
- La resistencia a la cadencia de material utilizado para la construcción como de los electrodos empleados soportara la carga para la cual está diseñada la estructura.

7.2. RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar el proceso de diseño se debe consultar los requerimientos del usuario y especificarlos en la casa de la calidad para así lograr la satisfacción de las necesidades planteadas.
- Se debe investigar sobre normas vigentes en el país o países por las que ha de circular la plataforma antes de iniciar el proceso de diseño y construcción.
- Para este tipo de proyectos se recomienda elaborar planos de acuerdo al diseño previo a su construcción.
- Se recomienda investigar sobre el tipo de soldadura que se ha de utilizar ya que esto es de gran importancia para el soporte de la estructura, además que este proceso deberá realizarlo un soldador calificado.

- Se recomienda implementar la universidad con sistemas que permitan realizar pruebas de soldadura.
- Al implicar muchos procesos de manufactura en el proceso de construcción se recomienda tomar en cuenta normas de seguridad industrial para la protección de los trabajadores.
- Este tipo de proyectos es de gran ayuda para empresas artesanales ya que realizan este tipo de estructuras de manera empírica sin un diseño previamente elaborado, por tanto se recomienda el apoyo de parte de la universidad a estos proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

- Andrade, J. & Sánchez, H. (2007) *Diseño de una plataforma cama-alta acoplable a cabezales de transporte pesado para el traslado de contenedores*, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Facultad de ingeniería mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Caiza, J. & Sánchez E. (2012) *Diseño de una plataforma cama-baja extensible con capacidad de 25 toneladas, acoplable a cabezales de transporte pesado*, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Facultad de ingeniería mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Corzo, D. & Cuantín, M. (2011) *Diseño de una máquina semiautomática para la fabricación de adoquines y bloques*, Proyecto previo a la obtención del título de ingeniero mecánico, Facultad de ingeniería mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador.
- Fitzgerald, R. W. (2007) *Mecánica de materiales*. (Decimosexta reimpresión) México D.F: Alfaomega Grupo Editor.
- Mott, R. (2009). *Resistencia de materiales*. (5ta Ed.) México D.F.: Pearson Educación.
- RIBA, C. (2002) *Diseño Concurrente*; Madrid España: Ediciones Upc
- Rodríguez, P. (2001) *Manual de soldadura*. Buenos Aires: Librería y editorial Alsina.

- Shigley, J & Budynas, R. & Keith, J. (2008) *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. (8° Ed) México D.F: McGraw-Hill/Interamericana Editores.
- Singer, F. & Pytel, A. (1982) *Resistencia de materiales*. (3° Ed.) México D.F: Harla.

NETGRAFÍA

- Montaje y Diseño de la Proyectos Técnicos para la Legalización de Reformas de Importancia en Vehículos, Disponible en URL: <http://ingemecanica.com/reformas/reformas.html>. Citado el (25-04-2014).
- Consejos aerodinámicos para el transporte de carretera, Disponible en URL: <http://www.diariomotor.com/2009/12/10/part-consejosaerodinamicos-para-el-transporte-de-carretera/>. Citado el (30-05-2014).
- Tipos de semirremolques para transporte pesado, Disponible en URL: <http://www.carmextrailers.com/portfolio.asp> Citado el (30-05-2014).
- Sujeción de la carga en el transporte, Disponible en URL: <http://www.traxco.es/blog/productos-nuevos/sujecion-de-la-carga-en-el-transporte>. Citado el (06-06-2014).
- Normas para sujeción de carga pesada para el transporte, Disponible en URL: http://www.aenor.es/aenor/normas/buscadornormas/buscadornorma_b.asp#.VOT8ZPmG9u4 Citado el (09-08-2014).
- Pesos máximos autorizados para camiones, Disponible en URL: <http://www.plancameral.org/web/portal-internacional/preguntas-comercio-exterior/-/preguntas-comercio-exterior/81d81295-8c26-447f-abf8-c4e49c883d92>. Citado el (11-08-2014).

ANEXOS